

(12) NACH DEM VERTRAG ÜBER DIE INTERNATIONALE ZUSAMMENARBEIT AUF DEM GEBIET DES
PATENTWESENS (PCT) VERÖFFENTLICHTE INTERNATIONALE ANMELDUNG

(19) Weltorganisation für geistiges Eigentum
Internationales Büro



(43) Internationales Veröffentlichungsdatum
14. Oktober 2004 (14.10.2004)

PCT

(10) Internationale Veröffentlichungsnummer
WO 2004/087331 A1

(51) Internationale Patentklassifikation⁷: B05B 7/14,
B65G 53/52, 53/28

(21) Internationales Aktenzeichen: PCT/EP2003/010857

(22) Internationales Anmeldedatum:
1. Oktober 2003 (01.10.2003)

(25) Einreichungssprache: Deutsch

(26) Veröffentlichungssprache: Deutsch

(30) Angaben zur Priorität:
102 47 829.5 14. Oktober 2002 (14.10.2002) DE
102 61 053.3 24. Dezember 2002 (24.12.2002) DE

(71) Anmelder (für alle Bestimmungsstaaten mit Ausnahme von
US): H. BÖRGER & CO. GMBH [DE/DE]; Fritz-Strass-
mann Strasse 8, 25337 Elmshorn (DE).

(72) Erfinder; und

(75) Erfinder/Anmelder (nur für US): KLEINEIDAM, An-
dreas [DE/DE]; Am Fischteich 75, 25337 Elmshorn (DE).
KLEINEIDAM, Wilhard [DE/DE]; Behrkampsweg 20L,
22529 Hamburg (DE).

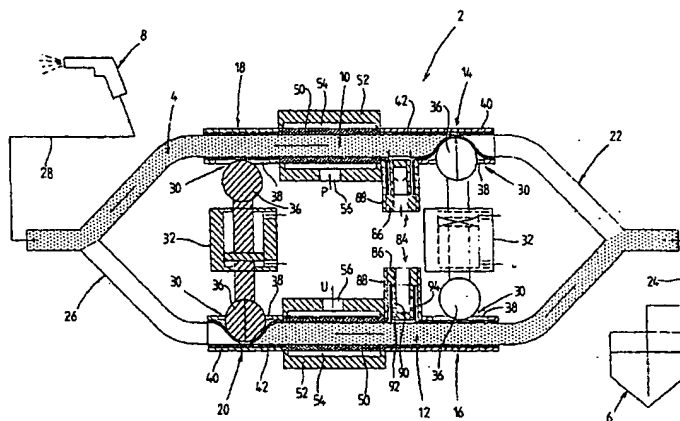
(74) Anwalt: GÖTZ, Thomas; Breitenburger Strasse 31,
25524 Itzehoe (DE).

(81) Bestimmungsstaaten (national): AE, AG, AL, AM, AT,
AU, AZ, BA, BB, BG, BR, BY, BZ, CA, CH, CN, CO, CR,
CU, CZ, DE, DK, DM, DZ, EC, EE, ES, FI, GB, GD, GE,
GH, GM, HR, HU, ID, IL, IN, IS, JP, KE, KG, KP, KR,
KZ, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LV, MA, MD, MG, MK,
MN, MW, MX, MZ, NI, NO, NZ, OM, PG, PH, PL, PT,
RO, RU, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SY, TJ, TM, TN, TR,
TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, YU, ZA, ZM, ZW.

[Fortsetzung auf der nächsten Seite]

(54) Title: METHOD AND DEVICE FOR TRANSPORTING PULVERULENT MATERIAL

(54) Bezeichnung: VERFAHREN UND VORRICHTUNG ZUM FÖRDERN VON PULVERFÖRMIGEM MATERIAL



WO 2004/087331 A1

(57) Abstract: The invention relates to a method and a device (2) for pneumatically transporting pulverulent material (4). According to said method, a cylindrical chamber (10, 12), which can be connected to a storage container (6) by a sealable inlet (14, 16) and to a transport conduit (28) by a sealable outlet (18, 20), is alternately filled with and emptied of material from the storage container (6), when the outlet (18, 20) is closed and the inlet is open (14, 16), by a vacuum action in the chamber, achieved by means of a delimiting partition in the form of a gas-permeable filter element (50), in order to suck material out of the storage container (6) into said chamber (10, 12). When the inlet is closed (14, 16) and the outlet is open (18, 20), the chamber (10, 12) is supplied with a pressurised gas, in order to expel the material that has been sucked into the chamber (10, 12) into the transport conduit (28). To increase the service life of the filter element (50) and to prevent the contamination of the latter in a simple manner, said filter element (50) is configured as a hollow cylinder and surrounds at least part of the chamber (10, 12).

(57) Zusammenfassung: Die Erfindung betrifft ein Verfahren und eine Vorrichtung (2) zum pneumatischen Fördern von pulverförmigem Material (4), bei denen eine durch einen verschliessbaren Einlass (14, 16) mit einem Vorratsbehälter (6) und durch einen verschliessbaren Auslass (18, 20) mit einer Förderleitung (28) verbindbare

[Fortsetzung auf der nächsten Seite]



(84) Bestimmungsstaaten (*regional*): ARIPO Patent (GH, GM, KE, LS, MW, MZ, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), eurasisches Patent (AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, RU, TJ, TM), europäisches Patent (AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HU, IE, IT, LU, MC, NL, PT, RO, SE, SI, SK, TR), OAPI Patent (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

- hinsichtlich der Berechtigung des Anmelders, ein Patent zu beantragen und zu erhalten (Regel 4.17 Ziffer ii) für alle Bestimmungsstaaten
- Erfindererklärung (Regel 4.17 Ziffer iv) nur für US

Veröffentlicht:

- mit internationalem Recherchenbericht

Erklärungen gemäß Regel 4.17:

- hinsichtlich der Identität des Erfinders (Regel 4.17 Ziffer i) für alle Bestimmungsstaaten

Zur Erklärung der Zweibuchstaben-Codes und der anderen Abkürzungen wird auf die Erklärungen ("Guidance Notes on Codes and Abbreviations") am Anfang jeder regulären Ausgabe der PCT-Gazette verwiesen.

zylindrische Kammer (10, 12) abwechselnd mit Material aus dem Vorratsbehälter (6) befüllt und entleert wird, indem die Kammer bei geschlossenem Auslass (18, 20) und bei geöffnetem Einlass (14, 16) durch eine von einem gasdurchlässigen Filterelement (50) gebildete Begrenzungswand mit einem Unterdruck beaufschlagt wird, um Material aus dem Vorratsbehälter (6) in die Kammer (10, 12) zu saugen, und indem die Kammer (10, 12) dann bei geschlossenem Einlass (14, 16) und bei geöffnetem Auslass (18, 20) mit einem unter Druck stehenden Gas beaufschlagt wird, um das in die Kammer (10, 12) gesaugte Material in die Förderleitung (28) zu drücken. Um die Lebensdauer des Filterelements (50) zu verlängern und Verunreinigungen desselben leichter zu vermeiden, wird erfindungsgemäss vorgeschlagen, dass das Filterelement (50) als Hohlzylinder ausgebildet ist und mindestens einen Teil der Kammer (10, 12) umschliesst.

Verfahren und Vorrichtung zum Fördern von pulverförmigem Material

Die Erfindung betrifft ein Verfahren und eine Vorrichtung zum Fördern von pulverförmigem Material gemäß dem Oberbegriff des Patentanspruchs 1 bzw. 8. Das Verfahren und die Vorrichtung werden insbesondere in Pulverlackieranlagen eingesetzt, um Pulverlack mittels Druckluft im Dichtstrom aus einem Vorratsbehälter in eine Förderleitung und durch diese zu einer Sprühpistole oder einer anderen Sprühauftragsvorrichtung zu fördern.

Bisher wurde in Pulverlackieranlagen der Pulverlack gewöhnlich pneumatisch im Dünnstromverfahren durch schlauchförmige Förderleitungen aus einem Vorratsbehälter zur Sprühpistole gefördert. Dies bereitet jedoch Probleme, erstens weil relativ große Druckluftmengen benötigt werden, zweitens weil der Durchmesser der schlauchförmigen Förderleitung verhältnismäßig groß sein muss, und drittens infolge von Verschleißproblemen im Bereich abknickender Förderwege. Aus diesem Grund wurden in den vergangenen Jahren in einigen Pulverlackieranlagen Versuche mit der sogenannten Pfropfen- oder Dichtstromförderung unternommen, bei welcher der Pulverlack zyklisch entweder durch Schwerkraft oder mittels Unterdruck in eine Kammer eingebracht und dann mit Druckluft wieder aus der Kammer ausgestoßen und in Form von aufeinanderfolgenden "Pfropfen" durch die Förderleitung zur Sprühauftragsvorrichtung gefördert wird.

Ein Verfahren und eine Vorrichtung der eingangs genannten Art zur Pfropfen- oder Dichtstromförderung von pulverförmigen Stoffen mit Ansaugung durch Unterdruck ist bereits aus der DE 196 43 523, der DE 196 54 649 oder der EP 0 937 004 B1 bekannt. Die bekannte Vorrichtung weist eine zylindrische Pumpkammer auf, die an ihrem unteren Stirnende mit einer Austragsöffnung für das Fördergut und an ihrem oberen Stirnende mit einem für das Fördergut undurchlässigen plattenartigen Filterelement versehen ist, durch das die Pumpkammer abwechselnd mit einer Vakuumpumpe bzw. mit einer Druckgasquelle verbunden werden

kann, um zum Befüllen der Pumpkammer Fördergut aus einem Vorratsbehälter durch einen seitlich in die Pumpkammer mündenden Stutzen anzusaugen bzw. um zum Entleeren der Pumpkammer das darin befindliche Fördergut durch die Austragsöffnung in eine Austragsleitung zu drücken. Um eine genaue Dosierung des Förderguts und gleichzeitig eine hohe Fördermenge zu ermöglichen, sollte die Pumpkammer ein möglichst geringes Füllvolumen aufweisen und in einem möglichst kurzen Arbeitszyklus befüllt und entleert werden. Um das letztere zu erreichen, muss jedoch das Gas verhältnismäßig schnell aus der Pumpkammer abgesaugt bzw. in die Pumpkammer zugeführt werden, wozu eine möglichst hohe Druckdifferenz zwischen dem Inneren der Pumpkammer und der Vakuumquelle bzw. der Druckgasquelle erforderlich ist. Eine hohe Druckdifferenz am Filterelement führt jedoch zu einer stärkeren Biege- und Druckbelastung des letzteren und damit zu einer Verkürzung seiner Lebensdauer, weshalb das Filterelement mit Stützgittern oder dergleichen abgestützt werden muss. Dies wiederum führt jedoch zu einer Verringerung seines Durchlassquerschnitts, weshalb man die Wahl zwischen einer stärkeren Belastung und damit einer kürzeren Lebensdauer des Filterelements und einem höheren Gasdurchsatz und damit einem kürzeren Arbeitszyklus hat. Bei der pneumatischen Förderung von Pulverlack kommt hinzu, dass dieser eine Korngröße $< 80 \mu\text{m}$ aufweist, wobei etwa 10 bis 15 % in einem Korngrößenbereich $< 5 \mu\text{m}$ liegen. Da dies im Bereich des Porendurchmessers der verwendeten Filtermaterialien liegt, können Partikel mit kleiner Korngröße tief in das Filterelement eindringen oder dieses sogar passieren. Einige der zuerst genannten Partikel bleiben beim anschließenden Beaufschlagen mit dem Druckgas im Filterelement zurück, wo sie sich ggf. erst nach längerer Zeit wieder lösen, was bei einem Farbwechsel zu Verunreinigungen der lackierten Oberflächen führen kann. Die zuletzt genannten Partikel können zumindest bei Verwendung von Membranpumpen als Unterdruckerzeuger zu deren Beschädigung führen. Ein geringerer Porendurchmesser zur Vermeidung dieser Probleme würde jedoch wiederum einen geringeren Gasdurchsatz und damit längere Arbeitszyklen zur Folge haben. Außerdem

können bei der bekannten Vorrichtung beim Entleeren der Kammer auch innerhalb des Ansaugstutzens Farbreste zurückbleiben, was bei einem Farbwechsel ebenfalls Lackverunreinigungen zur Folge haben kann.

Ausgehend hiervon liegt der Erfindung die Aufgabe zugrunde, ein Verfahren und eine Vorrichtung der eingangs genannten Art dahingehend zu verbessern, dass die Lebensdauer des Filterelements verlängert und Verunreinigungen desselben leichter vermieden werden können.

) Diese Aufgabe wird erfindungsgemäß dadurch gelöst, dass das gasdurchlässige Filterelement ein Hohlzylinder ist, der anders als beim Stand der Technik keine Kammerstirnwand sondern einen Teil der Umfangswand der Kammer bildet. Der Erfindung liegt der Gedanke zugrunde, dass sich durch diese Maßnahme auf einfache Weise die Filterfläche des Filterelements vergrößern und damit die Druckdifferenz zwischen der äußeren und der inneren Oberfläche des Filterelements bei gleichem Gasdurchsatz verkleinern lässt, ohne dass dadurch das Volumen der Kammer vergrößert und demzufolge die Dosiergenauigkeit verschlechtert wird. Anders als im Fall einer stirnseitigen Anordnung des Filterelements gestattet es ein als Umfangswandabschnitt ausgebildetes Filterelement außerdem, in axialer Richtung geradlinig durch die Kammer zu fördern, wodurch eine reibungslosere Förderung gewährleistet wird. Darüber hinaus sind außer am Ein- und Auslass der Kammer keine bewegten Teile erforderlich.

Das hohlzylindrische Filterelement besteht zweckmäßig aus einem Sintermaterial, vorzugsweise aus gesinterten Kunststoffpulver, da bei Verwendung derartiger starrer Filtermaterialien auf ein Stützmaterial verzichtet werden kann. Ein zylindrisches Filterelement aus einem starren Filtermaterial weist zudem eine höhere Stabilität als ein ebenes Filterelement gleicher Größe auf und kann daher bei entsprechender Durchlässigkeit mit geringerer Wandstärke gefertigt werden. Zweckmäßig ist die

Porengröße des Sintermaterials kleiner als die kleinste Korngröße des geförderten pulverförmigen Materials, das heißt bei der Förderung von Pulverlack vorzugsweise kleiner als 5 μm .

Um eine gleichmäßige Beaufschlagung mit Unterdruck bzw. Druckgas sicherzustellen, ist das Filterelement zweckmäßig von einem Gehäuse umgeben, das durch einen zylindrischen Ringraum vom Filterelement getrennt ist. Der Ringraum ist abwechselnd mit einer Unterdruckquelle bzw. einer Druckgasquelle verbindbar, entweder durch einen einzigen Anschluss oder vorzugsweise durch zwei Anschlüsse, von denen der eine in der Nähe seines dem Auslass zugewandten Stirnendes angeordnet und mit Unterdruck beaufschlagbar ist, während der andere in der Nähe seines dem Einlass zugewandten Stirnendes angeordnet und mit Druckgas beaufschlagbar ist. Mit der zuletzt genannten Anordnung wird infolge einer schnelleren Befüllung der Kammer und eines größeren Füllgrades sowie infolge einer schnelleren und vollständigeren Entleerung der Kammer eine beträchtliche Steigerung der Förderleistung ermöglicht.

Eine weitere Steigerung der Förderleistung kann durch Auswahl eines optimalen Verhältnisses zwischen der Länge und dem Innendurchmesser des hohlzylindrischen Filterelements erreicht werden, das vorzugsweise im Bereich zwischen 10 und 30 liegen sollte.

Durch Versuche hat sich gezeigt, dass verhältnismäßig kurze Arbeitszyklen von weniger als 0,5 s zwischen zwei aufeinanderfolgenden Ansaugvorgängen ohne Beeinträchtigung der Lebensdauer des Filterelements möglich sind, wenn sich das letztere über mehr als ein Drittel der Länge der Kammer zwischen dem Einlass und dem Auslass erstreckt und vorzugsweise eine Länge aufweist, die etwa der Hälfte der Länge der Kammer entspricht.

Eine weitere bevorzugte Ausgestaltung der Erfindung sieht vor, dass die an die beiden Stirnenden des Filterelements

angrenzenden zylindrischen Umfangswandabschnitte der Kammer nachgiebig ausgebildet sind, und dass der Einlass und der Auslass im Bereich der nachgiebigen Umfangswandabschnitte angeordnet sind und jeweils durch ein pneumatisch arbeitendes Quetschventil gasdicht geschlossen werden.

Der Einlass und der Auslass der Kammer sind bevorzugt an deren entgegengesetzten Stirnenden angeordnet, so dass bei Verwendung einer einzigen abwechselnd mit Druckgas und Unterdruck beaufschlagten Kammer der Förderweg im Bereich der letzteren geradlinig, d.h. ohne Knickstellen oder Biegungen, verlaufen kann. Ein möglichst kleiner Druckabfall entlang des Förderwegs wird auch dadurch erreicht, dass das Filterelement und die übrige Kammer einen im Wesentlichen dem Innendurchmesser einer Beschickungsleitung zwischen dem Vorratsbehälter und der Kammer bzw. der Förderleitung entsprechenden Innendurchmesser aufweist und so der Förderweg keine größeren Querschnittsveränderungen unterliegt.

Gemäß einer weiteren bevorzugten Ausgestaltung der Erfindung erfolgt die Zufuhr des Druckgases in die Kammer während der Förderung des pulverförmigen Materials durch das Filterelement hindurch, um die der Kammer zugewandte Innenseite desselben von anhaftendem pulverförmigem Material zu reinigen. Da es infolge einer triboelektrischen Aufladung des pulverförmigen Materials bei der Förderung jedoch auch an anderen Stellen in der Kammer zu einer elektrostatischen Anhaftung von Pulverpartikeln kommen kann, für deren Abreinigung der durch das Filterelement hindurch erzeugte Druckgasstoß gegebenenfalls nicht ausreicht, wird zur Reinigung zweckmäßig Druckgas am Filterelement vorbei durch ein Reinigungsventil in die Kammer zugeführt.

Um zu verhindern, dass pulverförmiges Material durch dieses Reinigungsventil hindurch aus der Kammer austritt, wenn die Kammer bei der Förderung durch das Filterelement hindurch mit Druckgas beaufschlagt wird, weist das Reinigungsventil vorzugsweise eine Membran auf, die während der Zufuhr von

Druckgas durch das Reinigungsventil elastisch verformt wird und eine Eintrittsöffnung für das Druckgas in die Kammer freigibt und die sich bei Beendigung der Druckgaszufuhr durch das Reinigungsventil in ihre ursprüngliche Gestalt zurückverformt, in der sie die Eintrittsöffnung dicht verschließt. Die Membran kann zum Beispiel von einem gummielastischen Schlauchstück gebildet werden, das über die mit Durchtrittsöffnungen versehene Umfangswand eines an seinem freien Stirnende geschlossenen Rohrstutzens gezogen ist und bei der Zufuhr von Druckgas ins Innere des Rohrstutzens durch den Gasdruck von dessen Umfangsfläche abgehoben wird, so dass das Druckgas zwischen der Membran und der Umfangswand hindurch in die Kammer strömen kann.

Während es grundsätzlich möglich wäre, den zur Ansaugung von pulverförmigem Material in die Kammer erforderlichen Unterdruck mittels einer Membranpumpe zu erzeugen, sieht eine weitere bevorzugte Ausgestaltung der Erfindung vor, einen sogenannten Vakuuminjektor zu verwenden, der mit Druckluft aus der Druckluftquelle beaufschlagt wird und nach dem Venturi-Prinzip einen Unterdruck erzeugt.

Um einen noch schnelleren Arbeitstakt zu erreichen, ist die Vorrichtung zweckmäßig in bekannter Weise mit zwei Kammern versehen, von denen jeweils immer eine gefüllt wird, während die andere entleert wird. Die beiden Kammern sind in diesem Fall vorzugsweise parallel zueinander ausgerichtet und durch Y-förmige Leitungsabschnitte mit einer gemeinsamen Beschickungs- bzw. Förderleitung verbunden, wobei die Winkel zwischen dem Fuß und den beiden Armen des Y und an den Enden der Arme am Übergang zu den parallelen Kammern vorzugsweise jeweils kleiner als 30 Grad sind, um eine möglichst unbehinderte Materialförderung mit geringen Druckverlusten sicherzustellen.

Um die Konstruktion der Vorrichtung mit Doppelkammer zu vereinfachen, werden die Einlässe und die Auslässe beider Kammern mit nur zwei Verschlussmechanismen geöffnet und

geschlossen, von denen einer den Einlass der ersten Kammer schließt und gleichzeitig den Einlass der zweiten Kammer öffnet und der andere den Auslass der zweiten Kammer öffnet und gleichzeitig den Auslass der ersten Kammer schließt. Die beiden Verschlussmechanismen umfassen zweckmäßig jeweils einen doppeltwirkenden Pneumatikzylinder mit zwei entgegengesetzten Kolbenstangen, deren freie Enden die nachgiebige Wand der benachbarten Kammer eindrücken, um deren Einlass bzw. Auslass zu verschließen.

Die Pneumatikzylinder sind vorzugsweise mittels zweier elektromagnetischer Mehrwege-Schaltventile in ihren Druckluftzufuhrleitungen ansteuerbar, so dass es möglich ist, zu Reinigungszwecken den Einlass und den Auslass einer Kammer gleichzeitig zu öffnen, zum Beispiel um diese Kammer zusammen mit der Beschickungsleitung und der Förderleitung vom Vorratsbehälter aus auszublasen.

Eine weitere Vereinfachung der Konstruktion der Doppelkammer-Vorrichtung ist dadurch möglich, dass zur gleichzeitigen Beaufschlagung von einer Kammer mit Unterdruck und der anderen Kammer mit Druckgas ein einziges Vier- oder Fünfwege-Schaltventil verwendet wird, von dessen zwei bzw. drei Eingängen einer mit einer Druckluftquelle und der bzw. die anderen mit einem vorzugsweise als Vakuuminjektor ausgebildeten Unterdruckerzeuger verbunden sind, während seine beiden Ausgänge jeweils mit einer der Kammern verbunden sind und durch Umschaltung des Ventils abwechselnd mit dem Druckluft-Eingang bzw. einem der Unterdruck-Eingänge verbunden werden.

Im folgenden wird die Erfindung anhand eines in der Zeichnung dargestellten Ausführungsbeispiels näher erläutert. Es zeigen:

Fig. 1: eine Draufsicht auf eine erfindungsgemäße Vorrichtung zur pneumatischen Förderung von Pulverlack im Dichtstromverfahren mit zwei Förderkammern;

Fig. 2: eine teilweise geschnittene und etwas schematisierte Ansicht der Vorrichtung entsprechend Fig. 1;

Fig. 3: eine vergrößerte Längsschnittansicht eines Teils von einer der beiden Förderkammern der Vorrichtung;

Fig. 4: ein vereinfachtes Pneumatikschaltbild eines Teils der Vorrichtung;

Fig. 5: eine Schnittansicht eines bevorzugten Unterdruckerzeugers der Vorrichtung;

Fig. 6: eine Längsschnittansicht eines alternativen Reinigungsventils zum Zuführen von Reinigungsdruckluft in die Förderkammern;

Fig. 7: eine Draufsicht auf eine weitere erfindungsgemäße Vorrichtung entsprechend Fig. 1;

Fig. 8: eine Ansicht der Vorrichtung aus Fig. 7 entsprechend Fig. 2;

Fig. 9: eine vergrößerte Längsschnittansicht eines Teils von einer der beiden Förderkammern der Vorrichtung aus Fig. 7 und 8 entsprechend Fig. 3;

Fig. 10: ein vereinfachtes Pneumatikschaltbild eines Teils der Vorrichtung aus den Figuren 7 und 8.

Die in den Figuren 1, 2, 7 und 8 der Zeichnung dargestellten Vorrichtungen 2 dienen dazu, Pulverlack 4 für die elektrostatische Pulverlackierung von Gegenständen pneumatisch im Dichtstromverfahren aus einem Vorratsbehälter 6 zu einer Sprühpistole 8 zu fördern.

Die Vorrichtungen 2 weisen dazu zwei parallele zylindrische Förderkammern 10, 12 auf, deren entgegengesetzte offene

Stirnenden jeweils einen Einlass 14, 16 bzw. einen Auslass 18, 20 für den geförderten Pulverlack 4 bilden und mit einem Y-förmigen Leitungsabschnitt 22 einer zum Vorratsbehälter 6 führenden Beschickungsleitung 24 bzw. mit einem Y-förmigen Leitungsabschnitt 26 einer zur Sprühpistole 8 führenden flexiblen Förderleitung 28 verbunden sind.

Jede der beiden Förderkammern 10, 12 ist im Bereich ihres Einlasses 14, 16 und ihres Auslasses 18, 20 mittels eines Quetschventils 30 verschließbar. Die Quetschventile 30 für die beiden Einlässe 14, 16 sind ebenso wie die Quetschventile 30 für die beiden Auslässe 18, 20 jeweils mittels eines zwischen den beiden Förderkammern 10, 12 angeordneten doppelwirkenden Pneumatikzylinders 32 betätigbar. Die Pneumatikzylinder 32 weisen jeweils zwei Kolbenstangen 34 auf, die nach entgegengesetzten Seiten überstehen und deren sphärisch gerundete freie Enden 36 am Einlass 14, 16 bzw. am Auslass 18, 20 durch Ausnehmungen 38 in einem starren zylindrischen Außenwandabschnitt 40 der benachbarten Förderkammer 10, 12 hindurch mit einem elastisch verformbaren nachgiebigen Innenwandabschnitt 42 der Kammer 10, 12 in Eingriff treten, um diesen gegen einen gegenüberliegenden Kammerwandteil zu drücken und den Einlass 14, 16 bzw. den Auslass 18, 20 luftdicht zu verschließen. Außer im Bereich der Ausnehmungen 38 sind die elastischen Innenwandabschnitte 42 fest mit den starren Außenwandabschnitten verbunden, um ihre Kontraktion beim Anlegen eines Unterdrucks in der Kammer 10, 12 zu verhindern.

Die beiden Pneumatikzylinder 32 sind jeweils durch ein elektromagnetisches Mehrwege-Schaltventil 44, 46 (Figuren 1 und 7) mit einem Druckluftbehälter 48 (Figuren 4 und 10) verbunden. Im Förderbetrieb werden die beiden Schaltventile 44, 46 immer so geschaltet, dass die Pneumatikzylinder 32 kreuzweise mit Druckluft beaufschlagt werden, so dass bei einer Kammer 10 der Einlass 14 geöffnet und der Auslass 18 geschlossen ist, während bei der anderen Kammer 12 der Einlass 16 geschlossen und der

Auslass 20 geöffnet ist, oder umgekehrt (wie in den Figuren 2 und 8 dargestellt).

Um ein Ansaugen von Pulverlack 4 aus dem Vorratsbehälter 6 in die Kammer 10 bzw. 12 mit dem geöffneten Einlass 14 bzw. 16 und ein Ausstoßen des angesaugten Pulverlacks 4 aus der Kammer 12 bzw. 10 mit dem geöffneten Auslass 20 bzw. 18 in die Förderleitung 28 zu ermöglichen, sind die beiden Kammern 10, 12 jeweils mit einem luftdurchlässigen und für Pulverlack 4 undurchlässigen hohlzylindrischen Filterelement 50 versehen, das die Kammer 10, 12 zwischen ihrem Einlass 14, 16 und ihrem Auslass 18, 20 auf einem Teil ihrer Länge in Umfangsrichtung begrenzt und einen Umfangswandabschnitt der Kammer 10, 12 bildet.

Das hohlzylindrische Filterelement 50 besteht aus gesintertem Polyethylen mit einer Wanddicke zwischen 2 und 4 mm und einer Porengröße von etwa 5 μ m und weist einen Innendurchmesser zwischen 5 und 30 mm auf, der im Wesentlichen dem Innendurchmesser der an beiden Seiten angrenzenden Wandabschnitte 40, 42, der Y-förmigen Leitungsabschnitte 22 und 26 sowie der Beschickungsleitung 24 und der Förderleitung 28 entspricht. Das Filterelement 50 erstreckt sich etwa über die halbe Kammerlänge (zwischen den Mitten der Quetschventile 30 gemessen), wobei es zweckmäßig eine Länge zwischen 20 und 70 mm aufweist. An seinen beiden Stirnenden ist das Filterelement luftdicht mit dem jeweils anschließenden Umfangswandabschnitt 40, 42 verbunden.

Wie am besten in den Figuren 3 und 9 dargestellt, ist jedes Filterelement 50 von einem Gehäuse 52 umgeben, das durch einen zylindrischen Ringraum 54 vom Filterelement 50 getrennt ist. Bei der Vorrichtung aus den Figuren 1 und 2 weist das Gehäuse 52 einen Anschluss 56 auf, der abwechselnd mit Unterdruck aus einem Unterdruckerzeuger 58 (Fig. 4) und mit Druckluft aus dem Druckluftbehälter 48 (Fig. 4) beaufschlagbar ist. An den beiden entgegengesetzten Stirnenden des Gehäuses 52 und des

Filterelements 50 ist jeweils ein Schlauchstutzen 58 vorgesehen, auf den der anschließende elastisch nachgiebige Umfangswandabschnitt 42 aufgeschoben und mittels Schlauchschellen (nicht dargestellt) befestigt werden kann. Die Schlauchstutzen sind 58 durch Überwurfmutter 60 mit dem Gehäuse 52 verschraubt. Zwischen den Schlauchstutzen 58 und das Filterelement 50 bzw. das Gehäuse 52 eingesetzte Dichtringe 62, 64 sorgen dafür, dass bei der Beaufschlagung der Kammer 10, 12 mit Druckluft in diesem Bereich keine Druckluft aus der Kammer 10, 12 oder aus dem Ringraum 54 des Gehäuses 52 entweicht und bei der Beaufschlagung der Kammer 10, 12 mit Unterdruck keine Luft von außen in die Kammer 10, 12 oder in den Ringraum 54 eintritt.

Wie am besten in Fig. 4 dargestellt, wird der Druckluft-/Unterdruck-Anschluss 56 am Gehäuse 52 jeder Förderkammer 10, 12 über ein elektromagnetisches 5-Wege-Schaltventil 66 abwechselnd mit dem Unterdruckerzeuger 58 und mit dem Druckluftbehälter 48 verbunden, um die jeweilige Kammer 10, 12 zur Ansaugung von Pulverlack 4 aus dem Vorratsbehälter 6 bei geöffnetem Einlass 14 bzw. 16 und geschlossenem Auslass 18 bzw. 20 mit Unterdruck zu beaufschlagen bzw. den in die Kammer 10, 12 gesaugten Pulverlack 4 bei geschlossenem Einlass 14 bzw. 16 und geöffnetem Auslass 18 bzw. 20 durch Zufuhr von Druckluft in die Kammer 10, 12 aus der Kammer 10, 12 auszustoßen und im Dichtstrom- oder sogenannten Pfropfen-Förderverfahren durch die Förderleitung 28 zu drücken.

Der durch einen Verdichter 68 mit Druckluft befüllbare Druckluftbehälter 48 ist über einen Druckregler 70 und eine Drossel 72 mit einem der drei Eingänge des 5-Wege-Schaltventils 66 verbunden. Die beiden anderen Eingänge des 5-Wege-Schaltventils 66 sind durch eine Leitung 82 mit dem Unterdruckerzeuger 58 verbunden, der bei dem in der Zeichnung dargestellten Ausführungsbeispiel als Vakuuminjektor ausgebildet ist.

Wie am besten in Fig. 5 dargestellt, weist der Vakuuminjektor 58 eine mit Druckluft P aus dem Druckluftbehälter 48 gespeiste Injektordüse 74 auf. Bei der Zufuhr von Druckluft in die Injektordüse 74 wird nach dem Venturi-Prinzip in einem den Auslass 76 der Injektordüse 74 umgebenden Ringraum 78 ein Unterdruck erzeugt, der über einen Anschlussstutzen 80 und die Leitung 82 an den beiden mit dem Unterdruckerzeuger 58 verbundenen Einlässen des 5-Wege-Schaltventils 66 und bei jedem Umschalten desselben abwechselnd an jeweils einer der beiden Kammern 10, 12 angelegt wird, während die jeweils andere Kammer 12, 10 gleichzeitig mit Druckluft beaufschlagt wird.

An Stelle eines 5-Wege-Schaltventils könnte auch ein 4-Wege-Schaltventil verwendet werden, von dessen beiden Eingängen einer mit dem Druckluftbehälter 48 und der andere mit dem Unterdruckerzeuger 58 verbunden ist, während die beiden Ausgänge jeweils mit einer der beiden Kammern 10, 12 verbunden sind, so dass diese bei jedem Umschalten des Ventils abwechselnd mit Druckluft bzw. mit Unterdruck beaufschlagt werden.

Zeitgleich mit dem Umschalten des 5-Wege-Schaltventils 66 werden auch die beiden Mehrwege-Schaltventile 44, 46 (Fig. 1) in den Druckluftzuleitungen der Pneumatikzylinder 32 umgeschaltet, um bei der unmittelbar zuvor entleerten Kammer 10 bzw. 12 den Auslass 18 bzw. 20 zu schließen und den Einlass 14 bzw. 16 zu öffnen, sowie bei der unmittelbar zuvor befüllten Kammer 12 bzw. 10 den Einlass 16 bzw. 14 zu schließen und den Auslass 20 bzw. 18 zu öffnen.

Wie am besten in Fig. 2 dargestellt, wird durch das Anlegen eines Unterdrucks U bei geöffnetem Einlass 16 Pulverlack 4 aus dem Vorratsbehälter 6 bzw. aus der Beschickungsleitung 24 in die eine Kammer 12 gesaugt, während die durch das Filterelement 50 in die andere Kammer 10 zugeführte Druckluft P den zuvor in diese Kammer 10 angesaugten Pulverlack 4 durch den Auslass 18 und durch den einen Arm des Y-förmigen Leitungsabschnitts 26 in

die Förderleitung 28 drückt. Um für eine möglichst reibungslose Förderung ohne größere Druckverluste zu sorgen, ist der Y-förmige Leitungsabschnitt 26 ebenso wie der Y-förmige Leitungsabschnitt 22 im Bereich seiner Biegungen, d.h. an den Verbindungsstellen zwischen dem Fuß und den beiden Armen des Y sowie zwischen dem jeweiligen Arm und dem Einlass 14, 16 der zugehörigen Kammer 10, 12 jeweils um weniger als 30 Grad gekrümmt.

Die während der Förderung durch das Filterelement 50 in die jeweilige Kammer 10, 12 zugeführte Druckluft drückt nicht nur den in der Kammer 10, 12 enthaltenen Pulverlack 4 in die Förderleitung 28, sondern reinigt auch die zylindrische innere Oberfläche des Filterelements 50 von anhaftendem Pulverlack 4, der infolge des zuvor angelegten Unterdrucks an diese Oberfläche angesaugt worden ist. Es hat sich jedoch gezeigt, dass der beim Beaufschlagen der Kammer 10, 12 mit Druckluft innerhalb der Kammer 10, 12 erzeugte Druckstoß nicht immer ausreicht, um auch die übrigen inneren Oberflächen der Kammer 10, 12 von Pulverpartikeln zu reinigen, da diese infolge einer triboelektrischen Aufladung relativ fest an den Oberflächen der Kammer 10, 12 haften können.

Grundsätzlich ist es zwar möglich, zur Reinigung einer Förderkammer, beispielsweise der Kammer 10, durch eine entsprechende Schaltung der Mehrwege-Schaltventile 44, 46 der Pneumatikzylinder 32 sowohl den Einlass 14 und den Auslass 18 dieser Kammer 10 zu öffnen (und den Einlass 16 und den Auslass 20 der anderen Kammer 12 zu schließen), um diese Kammer 10 dann zusammen mit der Förderleitung 26 und der Beschickungsleitung 24 vom Vorratsbehälter 6 oder von der Sprühpistole 8 her auszublasen.

Da eine derartige Reinigung des gesamten Förderstrangs jedoch nicht immer erwünscht ist, sind die beiden Kammern 10, 12 jeweils mit einem zusätzlichen Reinigungsventil 84 (Figuren 2 und 9) versehen, durch das Druckluft zur Reinigung der Kammer

10, 12 ins Innere derselben eingeblasen werden kann. Das zwischen dem Filterelement 50 und dem Einlass 14, 16 (oder dem Auslass 18, 20) radial von der Seite her in die Kammer 10, 12 mündende Reinigungsventil 84 besteht im Wesentlichen aus einem metallischen Rohrnippel 86 mit ringförmigem Querschnitt, der mittels eines Außengewindes auf seinem von der Kammer 10, 12 abgewandten dickeren Ende luftdicht in eine Innengewindebohrung eines über die Kammerwand 42 überstehenden Rohrstutzens 88 eingeschraubt ist und dessen der Kammer 10, 12 zugewandtes dünneres Ende stirnseitig geschlossen ist und in seiner zylindrischen Umfangswand 92 mehrere radiale Bohrungen 90 aufweist (vgl. auch Fig. 6). Auf dem dünneren Ende des Nippels 86 ist eine Membran in Form eines Schlauchstücks 94 aus einem gummielastischen Material befestigt, die unter Zugspannung lose gegen seine äußere Umfangsfläche anliegt und die Bohrungen 90 verschließt, wie in den Figuren 2 und 9 unten dargestellt. Während der Zufuhr von Druckluft in das Reinigungsventil 84 wird die Membran 94 durch die Druckluft von der äußeren Umfangsfläche des Nippels 86 abgehoben, so dass die Druckluft zwischen der Membran 94 und dieser Umfangsfläche hindurch in die Kammer 10 strömen kann, wie in den Figuren 2 und 9 oben dargestellt. Bei Beendigung der Druckluftzufuhr legt sich die verformte Membran 94 infolge ihrer elastischen Rückstellkraft wieder gegen die Umfangsfläche des Nippels 86 an und verhindert, dass bei einer späteren Beaufschlagung der Kammer 10, 12 mit Druckluft Pulverlack 4 durch das Reinigungsventil 84 hindurch austreten kann.

Bei dem in Fig. 6 vergrößert dargestellten Reinigungsventil 84 ist zusätzlich zu der Membran ein Kugelrückschlagventil 96 vorgesehen, dessen Kugel 98 bei der Zufuhr von Druckluft in das Ventil 96 entgegen der Kraft einer Feder 102 aus ihrem Sitz gedrückt wird.

Im Unterschied zu der Vorrichtung 2 aus den Figuren 1 bis 6 ist bei der Vorrichtung 2 in den Figuren 7 bis 10 das Gehäuse 52 jedes Filterelements 50 mit zwei Anschlüssen 104 bzw. 106

versehen. Während der eine Anschluss 104 in der Nähe des auslassseitigen Stirnendes des Filterelements 50 angeordnet ist und mit Unterdruck beaufschlagbar ist, ist der andere Anschluss 106 in der Nähe des einlassseitigen Stirnendes des Filterelements 50 angeordnet und mit Druckluft P aus dem Druckluftbehälter 48 beaufschlagbar.

Wie am besten in Fig. 10 dargestellt, verzweigt sich dazu eine Leitung 108 zwischen dem 5-Wege-Schaltventil 66 und dem Gehäuse 52 jedes Filterelements 50, wobei in die beiden zu den Anschlüssen 104 bzw. 106 führenden Abzweigleitungen 110 und 112 jeweils ein federbelastetes Rückschlagventil 114, 116 mit umgekehrter Einbaurichtung eingesetzt ist, so dass sich bei Zufuhr von Druckluft in die Leitung 108 das vor dem Anschluss 104 angeordnete Rückschlagventil 114 entgegen der Federkraft öffnet, während das vor dem Anschluss 106 angeordnete Rückschlagventil 116 geschlossen bleibt. Umgekehrt öffnet sich beim Anlegen eines Unterdrucks in der Leitung 118 das Rückschlagventil 116 entgegen der Federkraft, während das Rückschlagventil 114 geschlossen bleibt.

Um die Förderleistung der Vorrichtung 2 weiter zu steigern, weisen außerdem die hohlzylindrischen Filterelemente 50 bei der Vorrichtung in den Figuren 7 bis 10 eine größere Länge bzw. ein größeres Länge/Innendurchmesser-Verhältnis auf, nämlich eine Länge von 80 bzw. 250 mm bei einem Innendurchmesser von 6 bzw. 12 mm und einer zugehörigen Kammerlänge zwischen der Mitte des einlass- und auslassseitigen Quetschventils 30 von 180 bzw. 400 mm.

Patentansprüche

1. Verfahren zum pneumatischen Fördern von pulverförmigem Material, insbesondere von Pulverlack, bei dem eine durch einen verschließbaren Einlass mit einem Vorratsbehälter und durch einen verschließbaren Auslass mit einer Förderleitung verbindbare zylindrische Kammer abwechselnd mit Material aus dem Vorratsbehälter befüllt und entleert wird, indem die Kammer bei geschlossenem Auslass und bei geöffnetem Einlass durch eine von einem gasdurchlässigen Filterelement gebildete Begrenzungswand mit einem Unterdruck beaufschlagt wird, um Material aus dem Vorratsbehälter in die Kammer zu saugen, und indem die Kammer dann bei geschlossenem Einlass und bei geöffnetem Auslass mit einem unter Druck stehenden Gas beaufschlagt wird, um das in die Kammer gesaugte Material in die Förderleitung zu drücken, dadurch gekennzeichnet, dass das gasdurchlässige Filterelement (50) als Hohlzylinder ausgebildet ist und mindestens einen Teil der Kammer (10, 12) umschließt.
2. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass die Kammer (10, 12) zur Entleerung durch das Filterelement (50) hindurch mit Druckgas beaufschlagt wird.
3. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, dass die Kammer (10, 12) zur Reinigung am Filterelement (50) vorbei mit Druckgas beaufschlagt wird, das durch ein Reinigungsventil (84) in die Kammer (10, 12) zugeführt wird.
4. Verfahren nach einem der vorangehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass der Unterdruck von einem mit Druckgas beaufschlagten Vakuuminjektor (58) erzeugt wird.
5. Verfahren nach einem der vorangehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass parallel mit zwei Kammern (10, 12) gefördert wird, von denen die eine aus dem Vorratsbehälter (6) befüllt wird, während die andere in die Förderleitung (28) entleert wird.

6. Verfahren nach Anspruch 5, dadurch gekennzeichnet, dass die Einlässe (14, 16) und die Auslässe (18, 20) beider Kammern (10, 12) mittels zweier Verschlussmechanismen (30, 32) geöffnet und geschlossen werden, wobei einer der Verschlussmechanismen (30, 32) den Einlass (14; 16) von einer der beiden Kammern (10; 12) schließt und gleichzeitig den Einlass (16; 14) der anderen Kammer (12; 10) öffnet und der andere Verschlussmechanismus (30, 32) den Auslass (18; 20) der einen Kammer (10; 12) öffnet und gleichzeitig den Auslass (20; 18) der anderen Kammer (12; 10) schließt.

7. Verfahren nach Anspruch 5 oder 6, dadurch gekennzeichnet, dass die Beaufschlagung der einen Kammer (10; 12) mit einem Unterdruck und die gleichzeitige Beaufschlagung der anderen Kammer (12; 10) mit Druckgas durch ein einziges Mehrwege-Schaltventil (66) erfolgt.

8. Vorrichtung zum pneumatischen Fördern von pulverförmigem Material, insbesondere von Pulverlack, mit einer zylindrischen Kammer, die abwechselnd durch einen verschließbaren Einlass mit einem Vorratsbehälter und durch einen verschließbaren Auslass mit einer Förderleitung verbindbar ist, die eine von einem gasdurchlässigen Filterelement gebildete Begrenzungswand aufweist, die durch das Filterelement mit Unterdruck beaufschlagbar ist, um Gas aus der Kammer abzusaugen und die Kammer bei geschlossenem Auslass durch den geöffneten Einlass mit Material aus dem Vorratsbehälter zu befüllen, und die mit einem unter Druck stehenden Gas beaufschlagbar ist, um das in die Kammer gesaugte Material bei geschlossenem Einlass durch den geöffneten Auslass in die Förderleitung zu drücken, dadurch gekennzeichnet, dass das Filterelement (50) als Hohlzylinder ausgebildet ist und mindestens einen Teil der Kammer (10, 12) umschließt.

9. Vorrichtung nach Anspruch 8, dadurch gekennzeichnet, dass sich das Filterelement (50) über mehr als ein Drittel der Länge

der Kammer (10, 12) zwischen dem Einlass (14, 16) und dem Auslass (18, 20) erstreckt.

10. Vorrichtung nach Anspruch 8 oder 9, dadurch gekennzeichnet, dass ein Umfangswandabschnitt (42) der Kammer (10, 12) beiderseits des Filterelements (50) nachgiebig ausgebildet ist, und dass am Einlass (14, 16) und am Auslass (18, 20) jeweils ein pneumatisches Quetschventil (30) angeordnet ist.

11. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 8 bis 10, dadurch gekennzeichnet, dass ein Innendurchmesser des Filterelements (50) im Wesentlichen dem Innendurchmesser von anschließenden Umfangswandabschnitten (42) der Kammer (10, 12), dem Innendurchmesser einer Beschickungsleitung (24) zwischen der Kammer (10, 12) und dem Vorratbehälter (6) und/oder dem Innendurchmesser der Förderleitung (28) entspricht.

12. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 8 bis 11, dadurch gekennzeichnet, dass der Einlass (14, 16) und der Auslass (18, 20) an entgegengesetzten Stirnenden der Kammer (10, 12) angeordnet sind.

13. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 8 bis 12, dadurch gekennzeichnet, dass das Filterelement (50) aus einem Sintermaterial besteht.

14. Vorrichtung nach Anspruch 13, dadurch gekennzeichnet, dass das Filterelement (50) aus gesinterten Kunststoffpulver besteht.

15. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 8 bis 14, dadurch gekennzeichnet, dass das Filterelement (50) eine Porengröße von weniger als 20 μm , vorzugsweise von weniger als 5 μm aufweist.

16. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 8 bis 15, dadurch gekennzeichnet, dass das Filterelement (50) von einem Gehäuse (52) umgeben ist, das durch einen zylindrischen Ringraum (54) vom Filterelement (50) getrennt ist und mindestens einen mit einem Unterdruckerzeuger (58) und/oder mit einer Druckgasquelle (48) verbindbaren Anschluss (56) aufweist.

17. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 8 bis 16, dadurch gekennzeichnet, dass das Gehäuse (52) einen auslassseitigen Unterdruckanschluss (104) und einen einlassseitigen Druckgasanschluss (106) aufweist.

18. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 8 bis 17, dadurch gekennzeichnet, dass die Kammer (10, 12) zur Reinigung durch ein Reinigungsventil (84) am Filterelement (50) vorbei mit Druckgas beaufschlagbar ist.

19. Vorrichtung nach Anspruch 18, dadurch gekennzeichnet, dass das Reinigungsventil (84) eine Membran (94) aufweist, die während der Zufuhr von Druckgas durch das Reinigungsventil (84) elastisch verformt wird und eine Eintrittsöffnung in die Kammer (10, 12) freigibt und sich bei Beendigung der Druckgaszufuhr zurückverformt und die Eintrittsöffnung verschließt.

20. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 8 bis 19, gekennzeichnet durch mindestens einen Vakuuminjektor (58) zum Beaufschlagen der Kammer (10, 12) mit Unterdruck.

21. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 8 bis 20, gekennzeichnet durch zwei Kammern (10, 12), von denen die eine durch Öffnen ihres Einlasses (14; 16) mit dem Vorratsbehälter (6) verbindbar ist und die andere im Wesentlichen gleichzeitig durch Öffnen ihres Auslasses (20; 18) mit der Förderleitung (28) verbindbar ist, und umgekehrt.

22. Vorrichtung nach Anspruch 21, gekennzeichnet durch zwei Verschlussmechanismen (30, 32), von denen einer den Einlass

(14; 16) der einen Kammer (10; 12) schließt und gleichzeitig den Einlass (16; 14) der anderen Kammer (12; 10) öffnet und der andere den Auslass (18; 20) der einen Kammer (10; 12) öffnet und gleichzeitig den Auslass (20; 18) der anderen Kammer (12; 10) schließt.

23. Vorrichtung nach Anspruch 22, dadurch gekennzeichnet, dass jeder Verschlussmechanismus (30, 32) einen doppeltwirkenden Pneumatikzylinder (32) mit zwei entgegengesetzten Kolbenstangen (34) aufweist, deren Enden (36) einen nachgiebigen Umfangswandabschnitt (42) der benachbarten Kammer (10, 12) eindrücken, um deren Einlass (14, 16) bzw. Auslass (18, 20) zu verschließen.

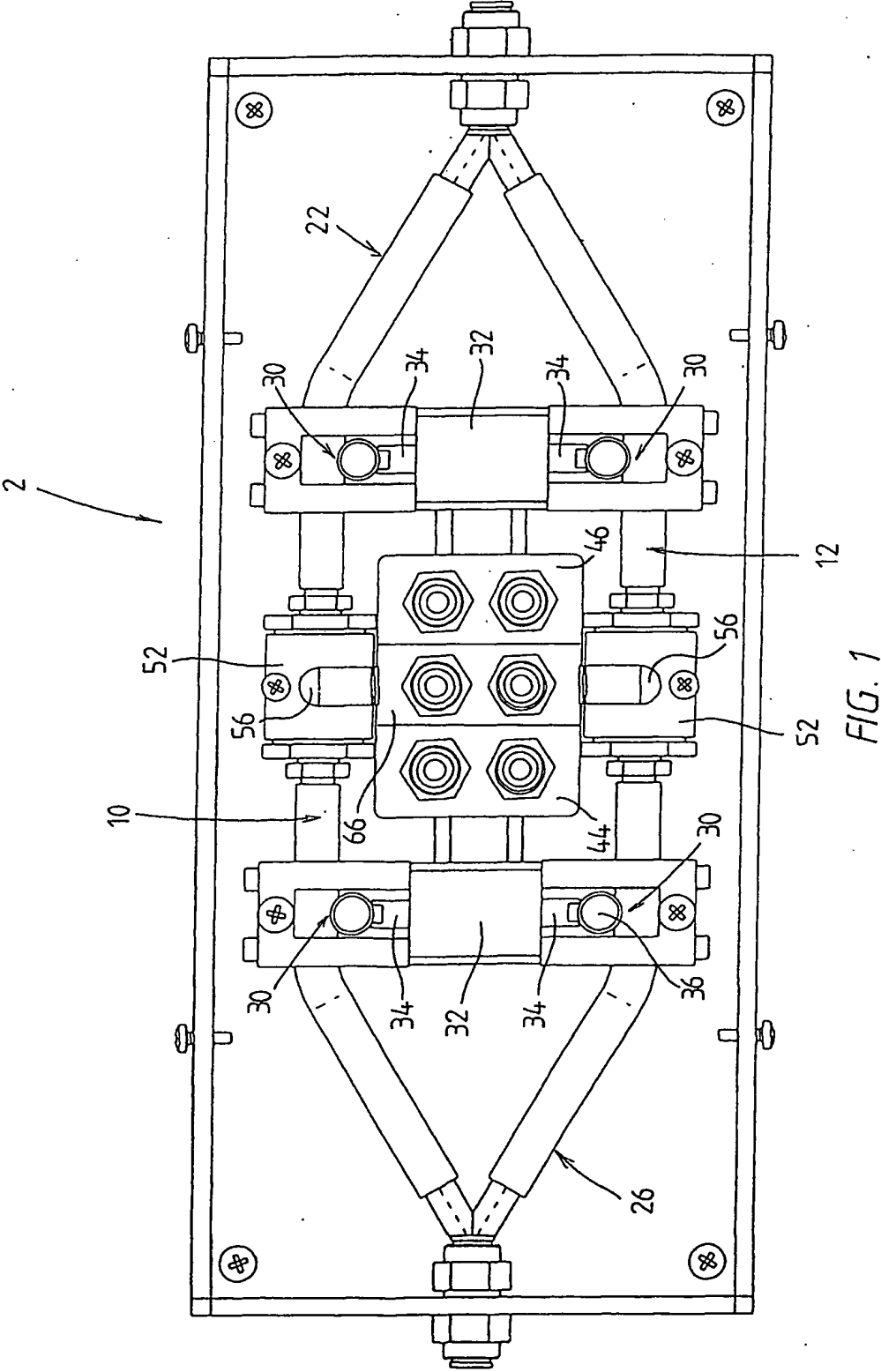
24. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 21 bis 23, gekennzeichnet durch ein einziges Mehrwege-Schaltventil (66) zur gleichzeitigen Beaufschlagung von einer Kammer (10; 12) mit Unterdruck und der anderen Kammer (12; 10) mit Druckgas.

25. Vorrichtung nach Anspruch 24, dadurch gekennzeichnet, dass das Mehrwege-Schaltventil (66) zusammen mit mindestens einem weiteren Mehrwege-Schaltventil (44, 46) in einer Druckluftzufuhrleitung zu den Pneumatikzylindern (32) der beiden Verschlussmechanismen (30, 32) betätigbar ist.

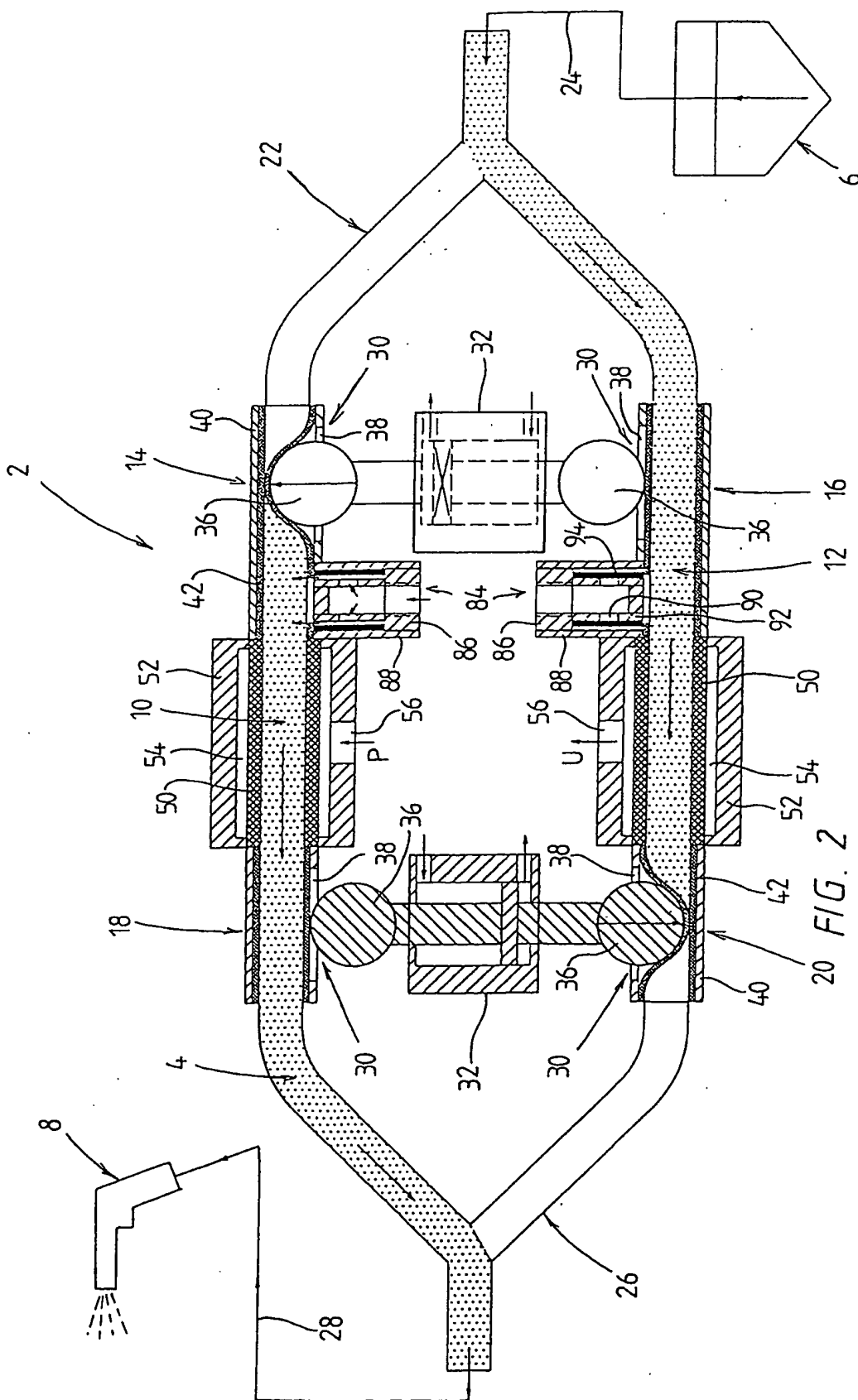
26. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 21 bis 25, dadurch gekennzeichnet, dass die beiden Kammern (10, 12) durch Y-förmige Leitungsabschnitte (22, 26) mit einer zum Vorratsbehälter (6) führenden Beschickungsleitung (24) bzw. mit der Förderleitung (28) verbunden sind.

27. Vorrichtung nach Anspruch 26, dadurch gekennzeichnet, dass der Förderweg im Bereich der Y-förmigen Leitungsabschnitte (22, 26) Biegungen von weniger als 30 Grad aufweist.

1/7



2/7



20 FIG. 2

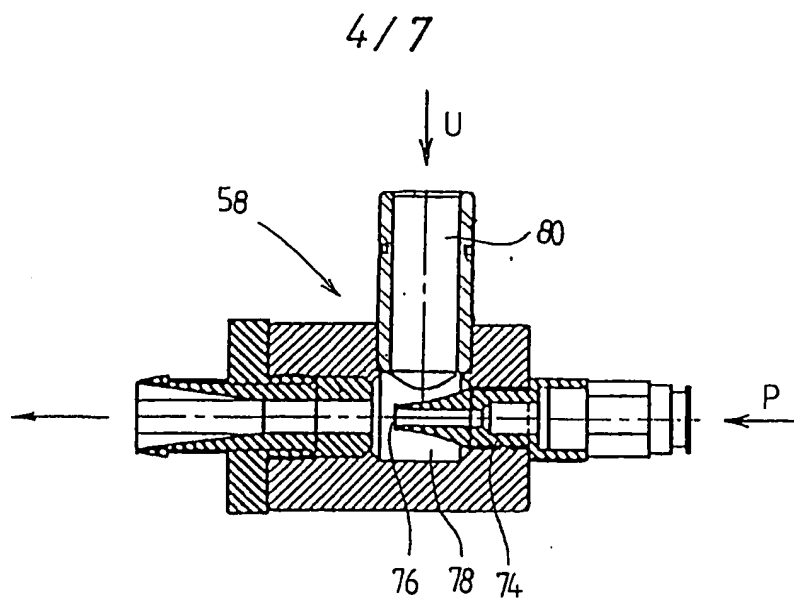


FIG. 5

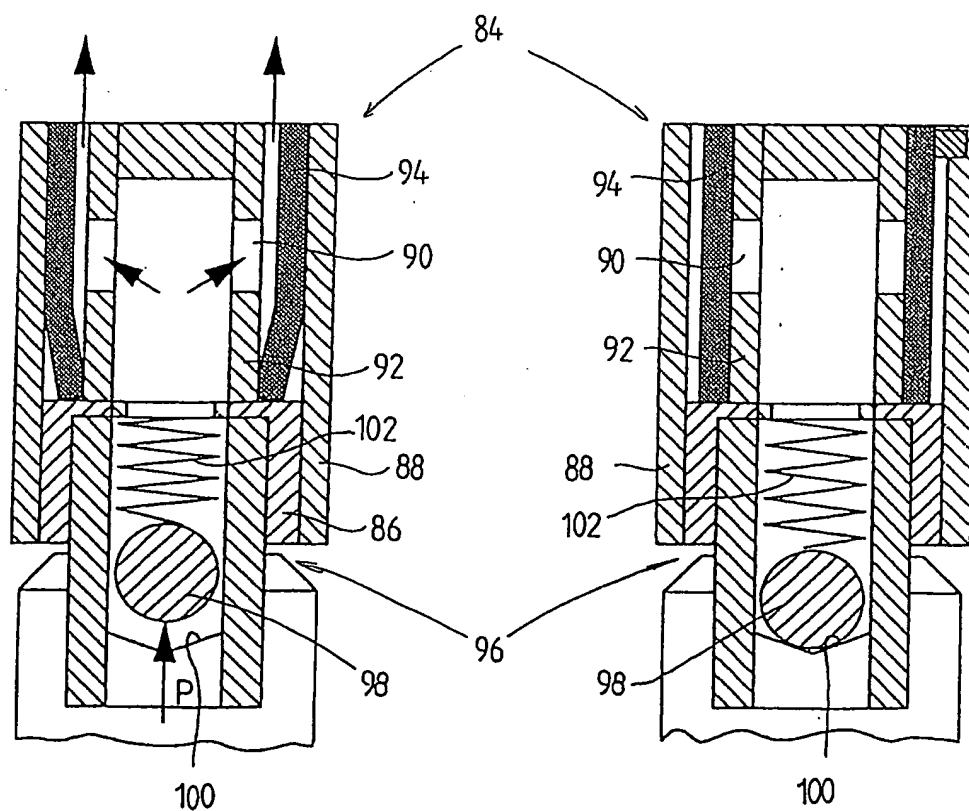


FIG. 6

5/7

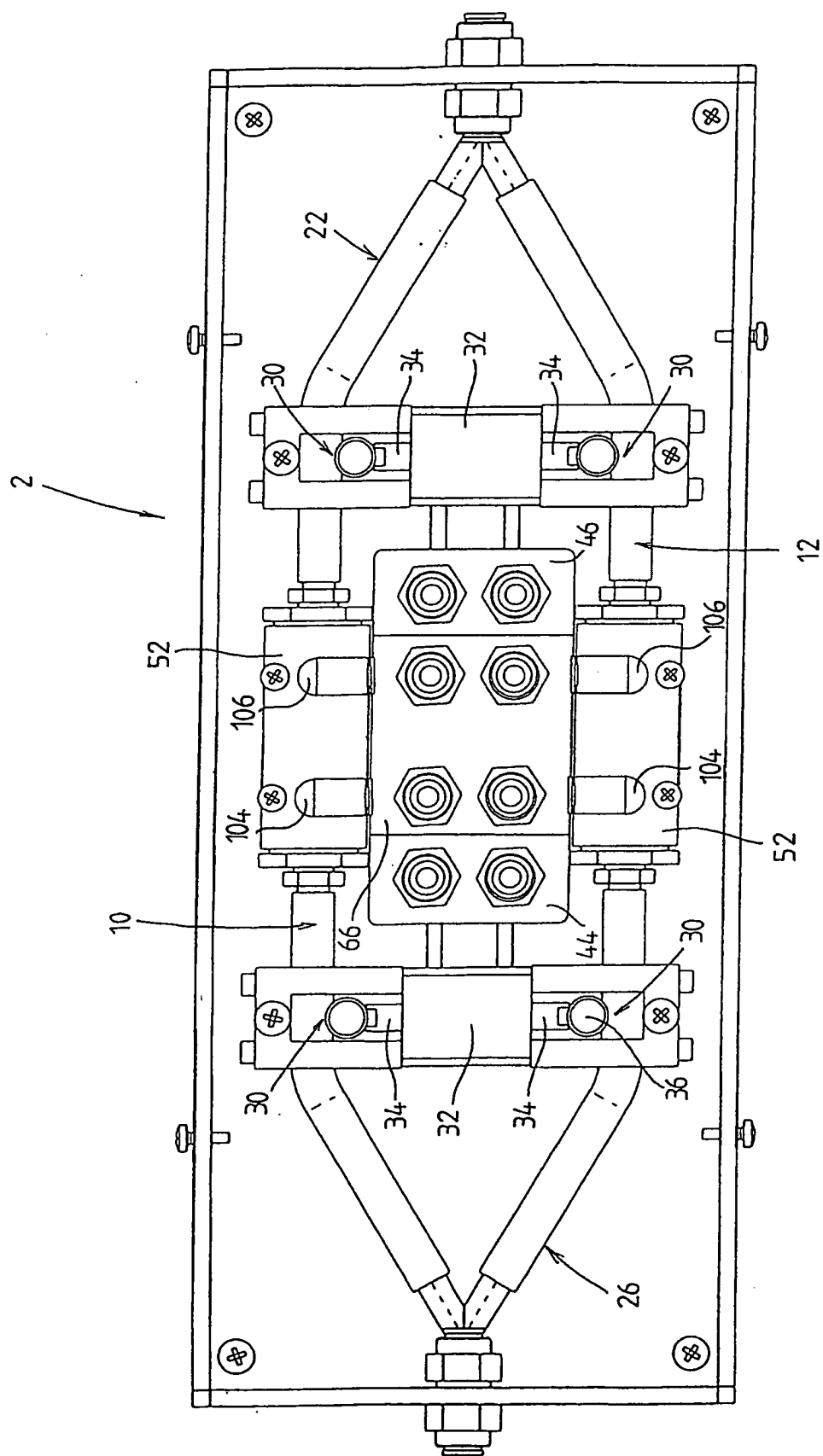
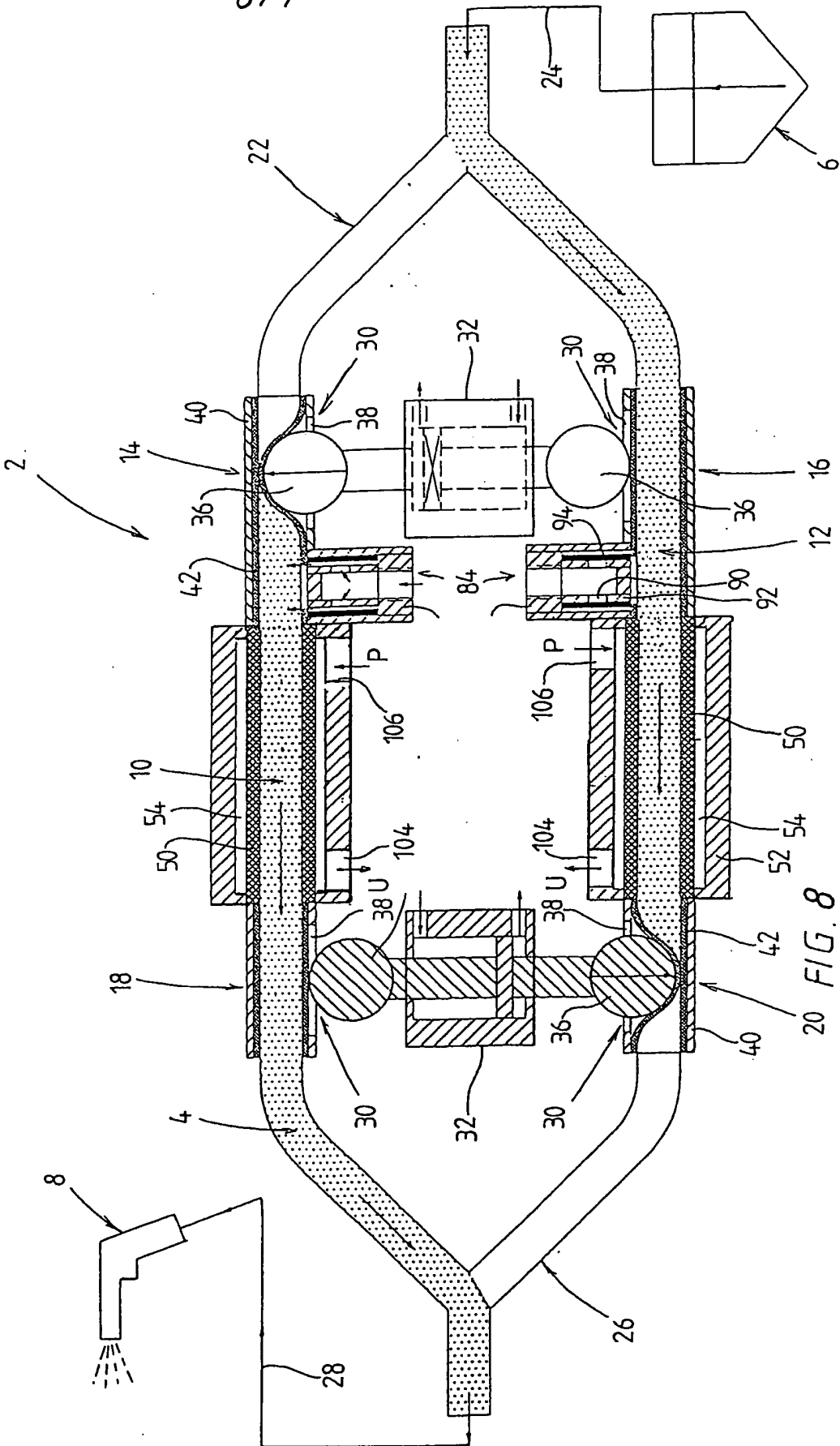


FIG. 7

6/7



7/7

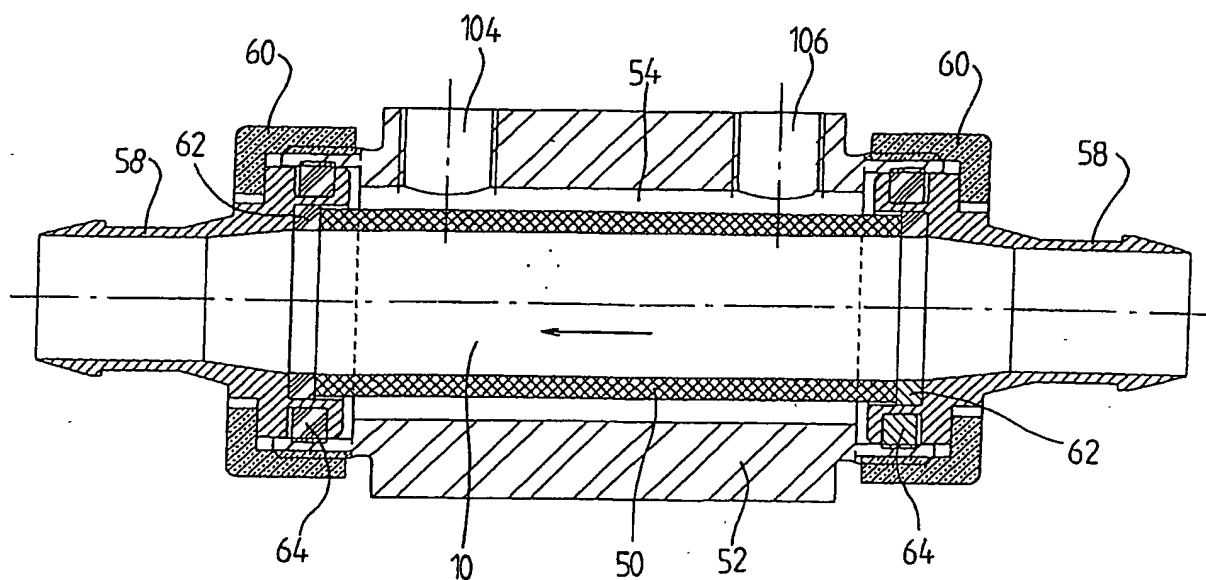


FIG. 9

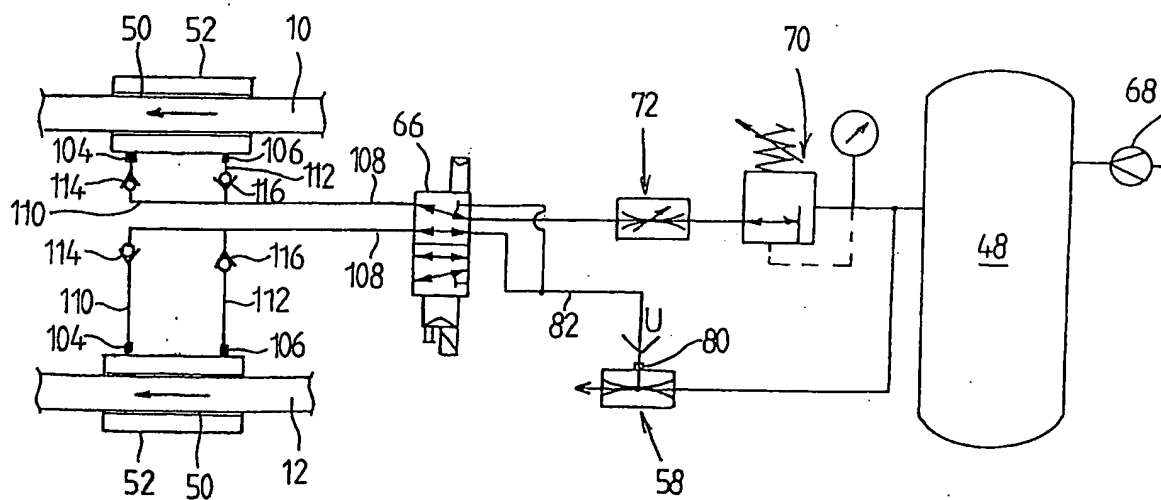


FIG. 10

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International Application No

PCT/EP 03/10857

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

IPC 7 B05B7/14 B65G53/52 B65G53/28

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

IPC 7 B05B B65G

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practical, search terms used)

PAJ, EPO-Internal

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category *	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	PATENT ABSTRACTS OF JAPAN vol. 1997, no. 07, 31 July 1997 (1997-07-31) -& JP 09 071325 A (OGAWA KAZUTOSHI), 18 March 1997 (1997-03-18) abstract	1-9, 11, 12, 16, 18, 20-22, 24-26
A	US 4 893 966 A (ROEHL FRANZ) 16 January 1990 (1990-01-16) the whole document	1, 2, 5-8, 10, 12, 21
A	US 3 604 758 A (FLAIN ROBERT JAMES ET AL) 14 September 1971 (1971-09-14) column 2, line 59 - line 61	13

☐ Further documents are listed in the continuation of box C.

☒ Patent family members are listed in annex.

* Special categories of cited documents:

- *A* document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance
- *E* earlier document but published on or after the International filing date
- *L* document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)
- *O* document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means
- *P* document published prior to the International filing date but later than the priority date claimed

- *T* later document published after the International filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention
- *X* document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone
- *Y* document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art.
- *&* document member of the same patent family

Date of the actual completion of the International search

9 February 2004

Date of mailing of the International search report

16/02/2004

Name and mailing address of the ISA

European Patent Office, P.B. 5818 Patentlaan 2
NL - 2280 HV Rijswijk
Tel. (+31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl,
Fax: (+31-70) 340-3016

Authorized officer

Juguet, J

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Information on patent family members

International Application No

PCT/EP 03/10857

Patent document cited in search report		Publication date	Patent family member(s)	Publication date
JP 09071325	A	18-03-1997	NONE	
US 4893966	A	16-01-1990	DE 3722314 A1	19-01-1989
			DE 8807520 U1	05-10-1989
			AT 78232 T	15-08-1992
			DE 3872780 D1	20-08-1992
			EP 0300113 A1	25-01-1989
			JP 1313219 A	18-12-1989
US 3604758	A	14-09-1971	DE 1949173 A1	16-04-1970
			FR 2019681 A5	03-07-1970
			GB 1248614 A	06-10-1971
			JP 49004914 B	04-02-1974
			SE 356729 B	04-06-1973

INTERNATIONAL RECHERCHENBERICHT

Internationales Aktenzeichen

PCT/EP 03/10857

A. KLASIFIZIERUNG DES ANMELDUNGSGEGENSTANDES

IPK 7 B05B7/14 B65G53/52 B65G53/28

Nach der Internationalen Patentklassifikation (IPK) oder nach der nationalen Klassifikation und der IPK

B. RECHERCHIERTE GEBIETE

Recherchierter Mindestprüfstoff (Klassifikationssystem und Klassifikationssymbole)

IPK 7 B05B B65G

Recherchierte aber nicht zum Mindestprüfstoff gehörende Veröffentlichungen, soweit diese unter die recherchierten Gebiete fallen

Während der internationalen Recherche konsultierte elektronische Datenbank (Name der Datenbank und evtl. verwendete Suchbegriffe)

PAJ, EPO-Internal

C. ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN

Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
X	PATENT ABSTRACTS OF JAPAN vol. 1997, no. 07, 31. Juli 1997 (1997-07-31) -& JP 09 071325 A (OGAWA KAZUTOSHI), 18. März 1997 (1997-03-18) Zusammenfassung ----	1-9, 11, 12, 16, 18, 20-22, 24-26
A	US 4 893 966 A (ROEHL FRANZ) 16. Januar 1990 (1990-01-16) das ganze Dokument ----	1, 2, 5-8, 10, 12, 21
A	US 3 604 758 A (FLAIN ROBERT JAMES ET AL.) 14. September 1971 (1971-09-14) Spalte 2, Zeile 59 - Zeile 61 -----	13



Weitere Veröffentlichungen sind der Fortsetzung von Feld C zu entnehmen



Siehe Anhang Patentfamilie

* Besondere Kategorien von angegebenen Veröffentlichungen :

A Veröffentlichung, die den allgemeinen Stand der Technik definiert, aber nicht als besonders bedeutsam anzusehen ist

E älteres Dokument, das jedoch erst am oder nach dem internationalen Anmeldedatum veröffentlicht worden ist

L Veröffentlichung, die geeignet ist, einen Prioritätsanspruch zweifelhaft erscheinen zu lassen, oder durch die das Veröffentlichungsdatum einer anderen im Recherchenbericht genannten Veröffentlichung belegt werden soll oder die aus einem anderen besonderen Grund angegeben ist (wie ausgeführt)

O Veröffentlichung, die sich auf eine mündliche Offenbarung, eine Benutzung, eine Ausstellung oder andere Maßnahmen bezieht

P Veröffentlichung, die vor dem internationalen Anmeldedatum, aber nach dem beanspruchten Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist

T Spätere Veröffentlichung, die nach dem internationalen Anmeldedatum oder dem Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist und mit der Anmeldung nicht kollidiert, sondern nur zum Verständnis des der Erfindung zugrundeliegenden Prinzips oder der ihr zugrundeliegenden Theorie angegeben ist

X Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann allein aufgrund dieser Veröffentlichung nicht als neu oder auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden

Y Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann nicht als auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden, wenn die Veröffentlichung mit einer oder mehreren anderen Veröffentlichungen dieser Kategorie in Verbindung gebracht wird und diese Verbindung für einen Fachmann naheliegend ist

Z Veröffentlichung, die Mitglied derselben Patentfamilie ist

Datum des Abschlusses der internationalen Recherche

9. Februar 2004

Absenddatum des internationalen Recherchenberichts

16/02/2004

Name und Postanschrift der internationalen Recherchenbehörde

Europäisches Patentamt, P.B. 5618 Patentlaan 2
NL - 2280 HV Rijswijk
Tel. (+31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl,
Fax: (+31-70) 340-3016

Bevollmächtigter Bediensteter

Juguet, J

INTERNATIONALER RESEARCHENBERICHT

Angaben zu Veröffentlichungen, die zur selben Patentfamilie gehören

Internationales Aktenzeichen

PCT/EP 03/10857

Im Recherchenbericht angeführtes Patentedokument	Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie	Datum der Veröffentlichung
JP 09071325	A	18-03-1997	KEINE
US 4893966	A	16-01-1990	DE 3722314 A1 19-01-1989 DE 8807520 U1 05-10-1989 AT 78232 T 15-08-1992 DE 3872780 D1 20-08-1992 EP 0300113 A1 25-01-1989 JP 1313219 A 18-12-1989
US 3604758	A	14-09-1971	DE 1949173 A1 16-04-1970 FR 2019681 A5 03-07-1970 GB 1248614 A 06-10-1971 JP 49004914 B 04-02-1974 SE 356729 B 04-06-1973

TRANSLATION (Nordson File F-6903):

PCT/EP03/10,857 (Borger)

PROCESS AND EQUIPMENT FOR THE CONVEYANCE OF POWDERED MATERIAL

SPECIFICATION

The invention concerns a process and device for conveying powdered material in accordance with the introductory clause of Claim 1 and Claim 8, respectively. The process and device are used especially in powder coating installations to convey powder coating material by compressed air in dense phase from a reservoir into a delivery line and through this to a spray gun or other type of spray application device.

Until now, in powder coating installations, the powder coating material was usually pneumatically conveyed by the dilute phase method from a reservoir to a spray gun through a hose-like delivery line. However, this causes problems, because, first, relatively large amounts of compressed air are needed, second, the diameter of the hose-like delivery line must be relatively large, and third, wear occurs at the bends in the delivery lines. For this reason, over the past several years, tests have been conducted at a number of powder coating installations with so-called plug flow conveying or dense phase conveying, in which the powder coating material is cyclically conveyed either by gravity or by negative pressure into a chamber and then discharged from the chamber with compressed air and conveyed in the form of successive "plugs" through the delivery line to the spray application device.

A process and device of the type cited at the beginning for the plug flow or dense phase conveyance of powdered materials with suction by negative pressure is already known from DE

196 43 523, DE 196 54 649, and EP 0 937 004 B1. The previously known device has a cylindrical pump chamber, which is equipped with a discharge opening for the conveyed material at its lower end and a plate-like filter element that is impenetrable by the conveyed material at its upper end, by which the pump chamber can be alternately connected with a vacuum pump and with a source of compressed gas, to suck the conveyed material from a reservoir through a connection that opens into the pump chamber from the side for the purpose of filling the pump chamber, or to push the conveyed material through the discharge opening into a discharge line for the purpose of emptying the pump chamber. To allow exact metering of the conveyed material and at the same time a high discharge volume, the pump chamber should have a filling volume that is as small as possible, and it should be possible to fill it and empty it in an operating cycle that is as short as possible. To achieve the latter objective, however, the gas must be sucked from the pump chamber and fed into the pump chamber relatively quickly, which requires a pressure difference that is as large as possible between the inside of the pump chamber and the source of negative pressure or the source of compressed gas. However, a high pressure difference at the filter element causes larger bending loads and pressure loads on the filter element and thus a reduction of its service life, which is why the filter element must be supported with support lattices or the like. However, this in turn results in a reduction of its passage cross section, which makes it necessary to choose between a greater load and thus a shorter service life of the filter element and a higher gas throughput and thus a shorter operating cycle. In the case of the pneumatic conveyance of powder coating material, there is the additional consideration that this material has a particle size of $< 80 \mu\text{m}$, and about 10-15% of this material is in the particle size range of $< 5 \mu\text{m}$. Since this is of the same order of magnitude as the pore diameter of the filter materials that are used, small particles can penetrate deeply into the filter element or

even pass through it. Some of the particles that were mentioned first are retained in the filter element during the subsequent admission of compressed gas and may not become detached from the filter element again until after a prolonged period of time, which can lead to contamination of the coated surface after a color change. The particles mentioned last can cause pump damage, at least when diaphragm pumps are used to produce the negative pressure. However, the use of a smaller pore diameter to avoid these problems would in turn result in a lower gas throughput and thus longer operating cycles. Furthermore, in the previously known device, when the chamber is emptied, residual pigmented powder coating material can also remain inside the suction intake connection, which can also result in contamination of the powder coating material during a color change.

Proceeding on the basis of this prior art, the object of the invention is to improve a process and device of the type specified at the beginning in such a way that the service life of the filter element is prolonged and contamination of the filter element can be more easily avoided.

In accordance with the invention, this object is achieved by designing the gas-permeable filter element as a hollow cylinder in such a way that it forms a part of the cylindrical surface of the chamber, unlike the filter element of the state of the art, in which it is designed as an end wall of the chamber. The invention is based on the idea that this measure provides a simple means of increasing the filter surface of the filter element and thus reducing the pressure difference between the outer and inner surface of the filter element at the same gas throughput, without increasing the volume of the chamber and thus adversely affecting the metering precision. Furthermore, as a filter element constructed as a section of the cylindrical wall, it allows axial conveyance of the powdered material through the chamber in a straight line, which ensures frictionless conveyance, unlike the situation with a filter element installed on an end face.

Moreover, no moving parts are required other than at the chamber inlet and outlet.

It is advantageous for the hollow-cylindrical filter element to be made of a sintered material, preferably a sintered plastic powder, since, when rigid filter materials of this type are used, the use of a support material becomes unnecessary. In addition, a cylindrical filter element made of a rigid filter material has greater stability than a flat filter element of the same size and therefore can be produced with a smaller wall thickness at equivalent permeability. It is advantageous for the pore diameter of the sintered material to be smaller than the smallest particle diameter of the powdered material being conveyed, i.e., in the case of the conveyance of powder coating material, preferably smaller than 5 μm .

To ensure uniform admission of negative pressure and compressed gas, it is advantageous to surround the filter element with a housing, which is separated from the filter element by a cylindrical annular space. The annular space can be alternately connected with a negative pressure source and a compressed gas source, either by a single connection or, preferably, by two connections, one of which is located in the vicinity of its end face facing the outlet and can be acted upon by negative pressure, while the other is located in the vicinity of its end face facing the inlet and can be acted upon by compressed gas. The latter arrangement allows a considerable increase in conveyance capacity due to more rapid and complete filling of the chamber and due to more rapid and complete emptying of the chamber.

A further increase in conveyance capacity can be achieved by selecting an optimum ratio between the length and the inside diameter of the hollow-cylindrical filter element, which preferably should be in the range of 10-30.

Tests have shown that relatively short operating cycles of less than 0.5 s between two successive intake operations are possible without impairing the service life of the filter element,

if the latter extends over more than one third of the length of the chamber between the inlet and the outlet and preferably has a length that is about half the length of the chamber.

Another preferred embodiment of the invention provides that the sections of the cylindrical wall of the chamber that are adjacent to the ends of the filter element are designed to be elastic, and that the inlet and outlet are located in the vicinity of the elastic cylindrical wall sections and are closed gas-tight by a pneumatically operated pinch valve.

The inlet and outlet of the chamber are preferably located at the opposite ends of the chamber, so that, when a single chamber is used, which is alternately acted on by compressed gas and negative pressure, the conveyance route can pass through the chamber in a straight line, i.e., without turns or bends. The smallest possible pressure drop along the conveyance route is also achieved, if the filter element and the other chamber have an inside diameter that is essentially the same as the inside diameter of a feed line between the reservoir and the chamber and the inside diameter of the delivery line, so that there are no large changes in the cross section of the conveyance route.

In accordance with another preferred embodiment of the invention, the compressed gas is fed into the chamber during the conveyance of the powdered material through the filter element to remove powdered material adhering to the inner side of the filter element that faces the chamber. However, due to triboelectric charging of the powdered material during conveyance, electrostatic adherence of powder particles can also occur elsewhere in the chamber. The surge of compressed gas through the filter element may not always be sufficient to clean off this powder. Therefore, this cleaning is effectively accomplished by passing compressed air past the filter element by feeding it into the chamber through a cleaning valve.

To prevent powdered material from escaping from the chamber through this cleaning

valve when compressed gas is being admitted into the chamber during conveyance through the filter element, the cleaning valve preferably has a diaphragm, which is elastically deformed during the feeding of compressed gas through the cleaning valve and opens an intake port for the compressed gas into the chamber, and which, after completion of the feeding of compressed gas through the cleaning valve, is restored to its original shape, in which it tightly seals the intake port. The diaphragm may consist, for example, of an elastic rubber hose coupling, which is drawn over the circumferential wall of a pipe connection, which is closed at its free end and whose circumferential wall is provided with openings. During the feeding of compressed gas into the inside of the pipe connection, the elastic rubber hose coupling is lifted from the circumferential surface of the pipe connection by the pressure of the gas, so that the compressed gas can flow between the diaphragm and the circumferential wall into the chamber.

While it would basically be possible to use a diaphragm pump to produce the negative pressure necessary to draw powdered material into the chamber, another preferred embodiment of the invention provides for the use of a so-called vacuum injector, which is acted upon by compressed air from the compressed air source and produces a negative pressure by the venturi principle.

To achieve an even faster operating cycle, it is advantageous, as is already well known, to provide the device with two chambers, one of which is always being filled, while the other is being emptied. In this case, the two chambers are preferably aligned parallel to each other and connected by Y-shaped sections of line with a common feed or conveyance line, such that each of the angles between the leg and the two arms of the Y and each of the angles at the ends of the arms at the transition to the parallel chambers is preferably less than 30° in order to ensure material conveyance that is as unobstructed as possible and undergoes low pressure losses.

To simplify the design of the device with a double chamber, the inlets and outlets of both chambers are opened and closed with only two closure mechanisms, one of which closes the inlet of the first chamber and simultaneously opens the inlet of the second chamber, and the other opens the outlet of the second chamber and simultaneously closes the outlet of the first chamber. It is advantageous for each of the two closure mechanisms to comprise a double-acting pneumatic cylinder with two oppositely directed piston rods, whose free ends press against the elastic wall of the adjacent chamber to close its inlet or outlet.

The pneumatic cylinders are preferably controlled by two electromagnetic multiple-way control valves in their compressed air feed lines, so that it is possible to open the inlet and outlet of a chamber at the same time for cleaning purposes, for example, to blow out this chamber together with the feed line and the conveyance line from the reservoir.

Another simplification of the design of the double-chamber device is possible by using a single four-way or five-way control valve for applying negative pressure in one chamber and simultaneously admitting compressed gas into the other. Of its two or three inlets, one is connected with a compressed air source, and the other or others are connected with a negative pressure source, which is preferably designed as a vacuum injector, while each of its two outlets is connected with one of the chambers and is alternately connected with the compressed air inlet or one of the negative pressure inlets by switching the valve.

The invention is explained in greater detail below with reference to specific embodiments shown in the drawings.

Figure 1 shows a top view of the device of the invention for the pneumatic conveyance of powder coating material by the dense phase process with two conveying chambers.

Figure 2 shows a partially cutaway and somewhat schematic view of the device of Figure

1.

Figure 3 shows an enlarged longitudinal section of part of one of the two conveying chambers of the invention.

Figure 4 shows a simplified pneumatic circuit diagram of part of the device.

Figure 5 shows a sectional view of a preferred negative pressure generator of the device.

Figure 6 shows a longitudinal section of an alternative cleaning valve for feeding compressed air for cleaning into the conveying chambers.

Figure 7 shows a top view of another device of the invention, which corresponds to Figure 1.

Figure 8 shows a view of the device in Figure 7, which corresponds to Figure 2.

Figure 9 shows an enlarged longitudinal section of part of one of the two conveying chambers of the device in Figures 7 and 8, which corresponds to Figure 3.

Figure 10 shows a simplified pneumatic circuit diagram of part of the device in Figures 7 and 8.

The devices 2 shown in the drawings of Figures 1, 2, 7, and 8 are used for the pneumatic conveyance of powder coating material 4 for the electrostatic powder coating of objects. The powdered material is conveyed in dense phase from a reservoir 6 to a spray gun 8.

The devices 2 have two parallel cylindrical conveying chambers 10, 12, whose oppositely open ends form an inlet 14, 16 or an outlet 18, 20 for the powder coating material 4 that is being conveyed and are connected with a Y-shaped section 22 of a feed line 24 leading to the reservoir 6 and with a Y-shaped section 26 of a flexible delivery line 28 leading to the spray gun 8.

Each of the two conveying chambers 10, 12 can be closed near its inlet 14, 16 and its outlet 18, 20 by a pinch valve 30. The pinch valves 30 for the two inlets 14, 16 and the pinch

valves 30 for the two outlets 18, 20 are operated by two double-acting pneumatic cylinders 32 located between the two conveying chambers 10, 12. Each of the two pneumatic cylinders 32 has two piston rods 34, which extend from opposite ends. Their spherically rounded free ends 36 at the inlet 14, 16 or the outlet 18, 20 engage an elastically deformable, pliable inner wall section 42 of the chamber 10, 12 through recesses 38 in a rigid cylindrical outer wall section 40 of the adjacent conveying chamber 10, 12. This presses the inner wall section 42 against an opposite part of the chamber wall and seals the inlet 14, 16 or the outlet 18, 20 airtight. Except in the area of the recesses 38, the elastic inner wall sections 42 are firmly connected with the rigid sections of the outer wall to prevent them from contracting when a negative pressure is applied in the chamber 10, 12.

The two pneumatic cylinders 32 are each connected by an electromagnetic multiple-way control valve 44, 46 (Figures 1 and 7) with a compressed air tank 48 (Figures 4 and 10). During the conveyance operation, the two control valves 44, 46 are always operated in such a way that the pneumatic cylinders 32 are acted upon crosswise by compressed air, so that in one chamber 10, the inlet 14 is open and the outlet 18 is closed, while in the other chamber 12, the inlet 16 is closed and the outlet 20 is open, or vice versa (as shown in Figures 2 and 8).

To allow powder coating material 4 to be drawn from the reservoir 6 into the chamber 10 or 12 with the open inlet 14 or 16 and to be discharged from the chamber 12 or 10 and into the delivery line 28 with the outlet 20 or 18 open, the two chambers 10, 12 are each provided with a hollow-cylindrical filter element 50, which is permeable to air and impermeable to the powder coating material 4. This filter element 50 borders on the chamber 10, 12 between its inlet 14, 16 and its outlet 18, 20 along part of its length in the circumferential direction and forms a section of the circumferential wall of the chamber 10, 12.

The hollow-cylindrical filter element 50 consists of sintered polyethylene with a wall thickness of 2-4 mm and a pore size of about 5 μm and has an inside diameter of 5- 30 mm, which basically corresponds to the inside diameter of the adjoining wall sections 40, 42 on either side, the Y-shaped sections of line 22 and 26, and the feed line 24 and the delivery line 28. The filter element 50 extends along about half the length of the chamber (measured between the centers of the pinch valves 30). At its two ends, the filter element is connected airtight with the adjoining sections 40, 42 of the circumferential wall.

As is shown best in Figures 3 and 9, each filter element 50 is surrounded by a housing 52, which is separated from the filter element 50 by a cylindrical annular space 54. In the device shown in Figures 1 and 2, the housing 52 has a connection 56, which can be alternately acted upon by negative pressure from a negative pressure source 58 [*The author has used the same number "(58)" to refer to two different things, i.e., the hose connector 58 in Figure 3 and the negative pressure source 58 in Figure 4 -- Tr. Ed.*] (Figure 4) and by compressed air from a compressed air tank 48 (Figure 4). At the two opposite ends of the housing 52 and the filter element 50, there is a hose connection 58, onto which the adjoining elastically pliable circumferential wall section 42 can be pushed and fastened by hose clips (not shown). The hose connections 58 are screwed together with the housing 52 by screw caps 60. Gaskets 62, 64 inserted between the hose connections 58 and the filter element 50 and the housing 52 prevent compressed air from escaping from the chamber 10, 12 or from the annular space 54 of the housing 52, when compressed air is admitted to the chamber 10, 12 in this region, and prevent outside air from entering the chamber 10, 12 or the annular space 54, when negative pressure is applied to the chamber 10, 12.

As is shown best in Figure 4, the compressed air/negative pressure connection 56 around

[In the preceding paragraph, it was stated that the housing 52 has a connection 56. The connection 56 is not around the housing 52; it is in the housing 52. That is, the word "um" should be "im," and, accordingly, the word "around" should be "in" -- Tr. Ed.] the housing 52 of each conveying chamber 10, 12 is alternately connected by an electromagnetic 5-way control valve 66 with the negative pressure source 58 and with the compressed air tank 48 to apply negative pressure to the given chamber 10, 12 to draw powder coating material 4 out of the reservoir 6 with the inlet 14 or 16 open and the outlet 18 or 20 closed or to feed compressed air into the chamber 10, 12 to discharge the powder coating material 4 previously drawn into the chamber 10, 12 with the inlet 14 or 16 closed and the outlet 18 or 20 open and convey it through the delivery line 28 by the dense phase or so-called plug flow method.

The compressed air tank 48, which can be filled with compressed air by a compressor 68, is connected with one of the three inlets of the 5-way control valve 66 via a pressure regulator 70 and a throttle 72. The other two inlets of the 5-way control valve 66 are connected by a line 82 with the negative pressure source 58, which is designed as a vacuum injector in the embodiment shown in the drawing.

As is shown best in Figure 5, the vacuum injector 58 has an injector nozzle 74, which is supplied with compressed air P from the compressed air tank 48. During the feeding of compressed air into the injector nozzle 74, a negative pressure is produced by the venturi principle in an annular space 78 surrounding the outlet 76 of the injector nozzle 74. This negative pressure is applied via a connecting socket 80 and the line 82 to the two inlets of the 5-way control valve 66 that are connected with the negative pressure source 58 and, with each switching of the 5-way control valve 66, is alternately applied to one of the two chambers 10, 12, while, at the same time, the other chamber 12, 10 is being supplied with compressed air.

Instead of a 5-way control valve, a 4-way control valve may also be used, which has two inlets, one of which is connected with the compressed air tank 48, and the other is connected with the negative pressure source 58, while each of the two outlets is connected with one of the two chambers 10, 12, so that, with each switching of the valve, the chambers are alternately acted upon by compressed air and negative pressure.

At the same time that the 5-way control valve 66 is being switched, the two multiple-way control valves 44, 46 (Figure 1) in the compressed air feed lines of the pneumatic cylinders 32 are also being switched, in order to close the outlet 18 or 20 and open the inlet 14 or 16 of the chamber 10 or 12 that has just been emptied and to close the inlet 16 or 14 and open the outlet 20 or 18 of the chamber 12 or 10 that has just been filled.

As is shown best in Figure 2, the application of a negative pressure U with the inlet 16 open causes powder coating material 4 to be drawn from the reservoir 6 and the feed line 24 into one of the chambers 12, while the compressed air P fed into the other chamber 10 through the filter element 50 forces the powder coating material 4, which had previously been drawn into this chamber 10, through the outlet 18 and through one of the arms of the Y-shaped section of line 26 into the delivery line 28. To ensure conveyance that is as frictionless as possible without large pressure losses, the Y-shaped section of line 26 and the Y-shaped section of line 22 are curved at an angle of less than 30° at each of their bending points, i.e., at the connecting points between the leg and the two arms of the Y and between each arm and the inlet 14, 16 of the corresponding chamber 10, 12.

The compressed air fed into the given chamber 10, 12 during conveyance through the filter element 50 not only forces the powder coating material 4 present in the chamber 10, 12 into the delivery line 28, but also cleans the cylindrical inside surface of the filter element 50 of

adhering powder coating material 4, which had previously been drawn onto this surface by the previously applied negative pressure. It was found, however, that the pressure surge produced inside the chamber 10, 12 by the admission of compressed air into the chamber 10, 12 is not always sufficient to also clean the remaining inner surfaces of the chamber 10, 12 of powder particles, since the powder particles can adhere relatively strongly to the surfaces of the chamber 10, 12 due to a triboelectric charge.

To be sure, to clean a conveying chamber, for example, chamber 10, it is basically possible, by suitable switching of the multiple-way control valves 44, 46 of the pneumatic cylinders 32, to open both the inlet 14 and the outlet 18 of this chamber 10 (and to close the inlet 16 and the outlet 20 of the other chamber 12), and then to blow out this chamber 10, together with the delivery line 26 [*sic*; "28" was intended -- *Tr. Ed.*] and the feed line 24 from the reservoir 6 or from the spray gun 8.

However, since this manner of cleaning the entire conveyance line is not always desired, the two chambers 10, 12 are each equipped with an additional cleaning valve 84 (Figures 2 and 9), through which compressed air can be blown into the interior of the chamber 10, 12 to clean the chamber. The cleaning valve 84, which opens radially into the chamber 10, 12 from the side between the filter element 50 and the inlet 14, 16 (or the outlet 18, 20), consists essentially of a metallic pipe fitting 86 with an annular cross section, which is screwed airtight into an internally threaded bore of a pipe connection 88 projecting beyond the chamber wall 42 by means of an external thread on its thicker end facing away from the chamber 10, 12, and whose thinner end facing the chamber 10, 12 is closed at its end face and has several radial drill holes 90 in the wall 92 of its cylindrical surface (cf. Figure 6). A diaphragm in the form of a hose coupling 94 made of an elastic rubber material is fastened on the thinner end of the pipe fitting 86. The diaphragm

rests loosely against the peripheral surface of the pipe fitting 86 under tensile force and seals the drill holes 90, as shown at the bottom in Figures 2 and 9. During the admission of compressed air into the cleaning valve 84, the diaphragm 94 is lifted from the outer peripheral surface of the pipe fitting 86 by the compressed air, so that the compressed air can flow between the diaphragm 94 and this peripheral surface and into the chamber 10, as shown at the top of Figures 2 and 9. Upon completion of the admission of compressed air, the deformed diaphragm 94 moves back against the peripheral surface of the pipe fitting 86 due to its elastic restoring force and prevents powder coating material 4 from escaping through the cleaning valve 84 when compressed air is later admitted into the chamber 10, 12.

In the enlarged view of the cleaning valve 84 shown in Figure 6, a ball check valve 96 is provided in addition to the diaphragm. When compressed air is fed into the valve 96, the ball 98 of this valve is forced from its seat against the force of a spring 102.

In contrast to the device 2 in Figures 1 to 6, in the device 2 in Figures 7 to 10, the housing 52 of each filter element 50 is provided with two connections 104 and 106. While one of the connections 104 is located near outlet end of the filter element 50 and can be acted upon by negative pressure, the other connection 106 is located near the inlet end of the filter element 50 and can be acted upon by compressed air P from the compressed air tank 48.

As is best shown in Figure 10, a line 108 branches off for this purpose between the five-way control valve 66 and the housing 52 of each filter element, such that a spring-loaded nonreturn valve 114, 116 is inserted in opposite directions of installation into each of the two branch lines 110 and 112 that lead to the connections 104 and 106, so that, when compressed air is fed into the line 108, the nonreturn valve 114 located in front of the connection 104 opens against the force of the spring, while the nonreturn valve 116 located in front of the connection

106 remains closed. On the other hand, when a negative pressure is applied to the line 118 [*sic; should be "108" -- Tr. Ed.*], the nonreturn valve 116 opens against the force of the spring, while the nonreturn valve 114 remains closed.

In addition, to further increase the conveyance capacity of the device 2, the hollow-cylindrical filter elements 50 in the device shown in Figures 7 to 10 have a greater length and a greater ratio of length to inside diameter, namely, a length of 80 and 250 mm, respectively, with an inside diameter of 6 and 12 mm, respectively, and a corresponding chamber length between the centers of the pinch valves 30 on the inlet and outlet sides of 180 and 400 mm, respectively. [*This seems to be very poorly written. We suppose they mean that the device in Figures 1 to 6 has the set of smaller values (80, 6, and 180 mm), and the device in Figures 7-10 has the set of larger values (250, 12, and 400 mm) -- Tr. Ed.*]

CLAIMS

1. Process for the pneumatic conveyance of powdered material, especially powder coating material, in which a cylindrical chamber, which can be connected with a reservoir by a sealable inlet and with a delivery line by a sealable outlet, is alternately filled with material from the reservoir and emptied of this material by applying a negative pressure to the chamber with its outlet closed and its inlet open through a bordering wall formed by a gas-permeable filter element to draw material into the chamber from the reservoir, and by then admitting a gas under pressure into the chamber with its inlet closed and its outlet open to force the material previously drawn into the chamber out of the chamber and into the delivery line, characterized by the fact that the gas-permeable filter element (50) is designed as a hollow cylinder and surrounds at least a portion of the chamber (10, 12).

2. Process in accordance with Claim 1, characterized by the fact that the chamber (10, 12) is emptied by admitting compressed gas into it through the filter element (50).

3. Process in accordance with Claim 1 or Claim 2, characterized by the fact that, to clean the chamber (10, 12), compressed gas is admitted into the chamber (10, 12) through a cleaning valve (84) and flows past the filter element (50).

4. Process in accordance with any of the preceding claims, characterized by the fact that the negative pressure is generated by a vacuum injector (58) acted on by compressed gas.

5. Process in accordance with any of the preceding claims, characterized by the fact that the conveyance is carried out with two parallel chambers (10, 12), one of which is being filled from a reservoir (6), while the other is being emptied into the delivery line (28).

6. Process in accordance with Claim 5, characterized by the fact that the inlets (14, 16) and the outlets (18, 20) of both chambers (10, 12) are opened and closed by two sealing

mechanisms (30, 32), such that one of the sealing mechanisms (30, 32) closes the inlet (14; 16) of one of the two chambers (10; 12) and simultaneously opens the inlet (16; 14) of the other chamber (12; 10), and the other sealing mechanism (30, 32) opens the outlet (18; 20) of one of the chambers (10; 12) and simultaneously closes the outlet (20; 18) of the other chamber (12; 10).

7. Process in accordance with Claim 5 or Claim 6, characterized by the fact that the application of a negative pressure to one of the chambers (10; 12) and the simultaneous admission of compressed gas into the other chamber (12; 10) are effected by a single multiple-way control valve (66).

8. Device for the pneumatic conveyance of powdered material, especially powder coating material, with a cylindrical chamber, which can be alternately connected by a sealable inlet with a reservoir and by a sealable outlet with a delivery line, which has a bordering wall formed by a gas-permeable filter element, and to which negative pressure can be applied through the filter element to draw gas out of the chamber and to fill the chamber with material from the reservoir through the open inlet with the outlet closed, and into which compressed gas can be admitted to force the material, which had previously been drawn into the chamber, into the delivery line through the open outlet with the inlet closed, characterized by the fact that the filter element (50) is designed as a hollow cylinder and surrounds at least a portion of the chamber (10, 12).

9. Device in accordance with Claim 8, characterized by the fact that the filter element (50) extends over more than one third of the length of the chamber (10, 12) between the inlet (14, 16) and the outlet (18, 20).

10. Device in accordance with Claim 8 or Claim 9, characterized by the fact that a

circumferential wall section (42) of the chamber (10, 12) is designed to be pliable on both sides of the filter element (50), and that a pneumatic pinch valve (30) is installed at the inlet (14, 16) and at the outlet (18, 20).

11. Device in accordance with any of Claims 8 to 10, characterized by the fact that the inside diameter of the filter element (50) basically corresponds to the inside diameter of adjoining circumferential wall sections (42) of the chamber (10, 12), the inside diameter of a feed line (24) between the chamber (10, 12) and the reservoir (6), and/or the inside diameter of the delivery line (28).

12. Device in accordance with any of Claims 8 to 11, characterized by the fact that the inlet (14, 16) and the outlet (18, 20) are located at opposite ends of the chamber (10, 12).

13. Device in accordance with any of Claims 8 to 12, characterized by the fact that the filter element (50) is made of a sintered material.

14. Device in accordance with Claim 13, characterized by the fact that the filter element (50) is made of sintered plastic powder.

15. Device in accordance with any of Claims 8 to 14, characterized by the fact that the filter element (50) has a pore size of less than 20 μm and preferably less than 5 μm .

16. Device in accordance with any of Claims 8 to 15, characterized by the fact that the filter element (50) is surrounded by a housing (52), which is separated from the filter element (50) by a cylindrical annular space (54) and has at least one connection (56) that can be connected with a negative pressure source (58) and/or with a compressed gas source (48).

17. Device in accordance with any of Claims 8 to 16, characterized by the fact that the housing (52) has a negative pressure connection (104) on the outlet side and a compressed gas connection (106) on the inlet side.

18. Device in accordance with any of Claims 8 to 17, characterized by the fact that, to clean the chamber (10, 12), compressed gas is admitted into the chamber (10, 12) through a cleaning valve (84) and flows past the filter element (50).

19. Device in accordance with Claim 18, characterized by the fact that the cleaning valve (84) has a diaphragm (94), which is elastically deformed during the admission of compressed gas through the cleaning valve (84) to open an intake port into the chamber (10, 12) and is elastically restored upon completion of the admission of compressed gas to close the intake port.

20. Device in accordance with any of Claims 8 to 19, characterized by at least one vacuum injector (58) for applying negative pressure to the chamber (10, 12).

21. Device in accordance with any of Claims 8 to 20, characterized by two chambers (10, 12), one of which can be connected with the reservoir (6) by opening its inlet (14; 16), and the other can be connected essentially simultaneously with the delivery line (28) by opening its outlet (20; 18) and vice versa.

22. Device in accordance with Claim 21, characterized by two sealing mechanisms (30, 32), one of which closes the inlet (14; 16) of one of the two chambers (10; 12) and simultaneously opens the inlet (16; 14) of the other chamber (12; 10), and the other opens the outlet (18; 20) of one of the chambers (10; 12) and simultaneously closes the outlet (20; 18) of the other chamber (12; 10).

23. Device in accordance with Claim 22, characterized by the fact that each sealing mechanism (30, 32) has a double-acting pneumatic cylinder (32) with two oppositely directed piston rods (34), whose ends (36) press against a pliable circumferential wall section (42) of the adjacent chamber (10, 12) to close its inlet (14, 16) or outlet (18, 20).

24. Device in accordance with any of Claims 21 to 23, characterized by a single

multiple-way control valve (66) for simultaneously applying negative pressure to one chamber (10; 12) and admitting compressed gas into the other chamber (12; 10).

25. Device in accordance with Claim 24, characterized by the fact that the multiple-way control valve (66) can be operated together with at least one additional multiple-way control valve (44, 46) in a compressed air feed line to the pneumatic cylinders (32) of the two sealing mechanisms (30, 32).

26. Device in accordance with any of Claims 21 to 25, characterized by the fact that the two chambers (10, 12) are connected by Y-shaped sections of line (22, 26) with a feed line (24) that leads to the reservoir (6) and with the delivery line (28).

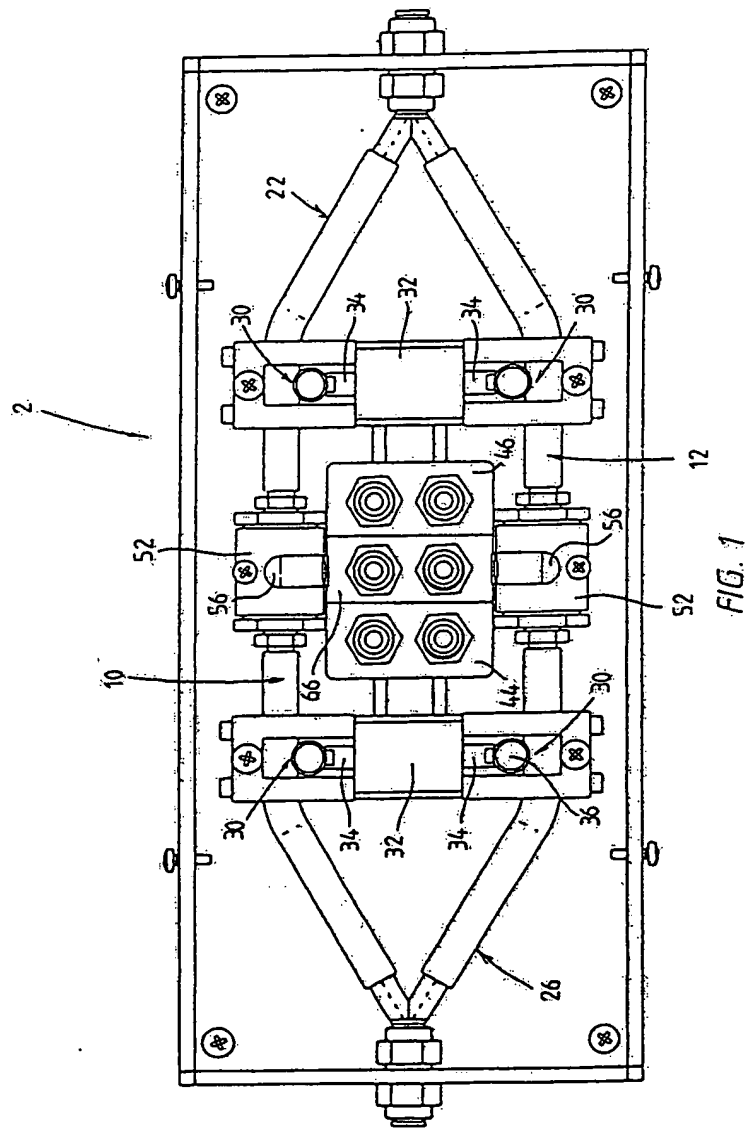
27. Device in accordance with Claim 26, characterized by the fact that the conveyance path in the region of the Y-shaped sections of line (22, 26) has bends of less than 30°.

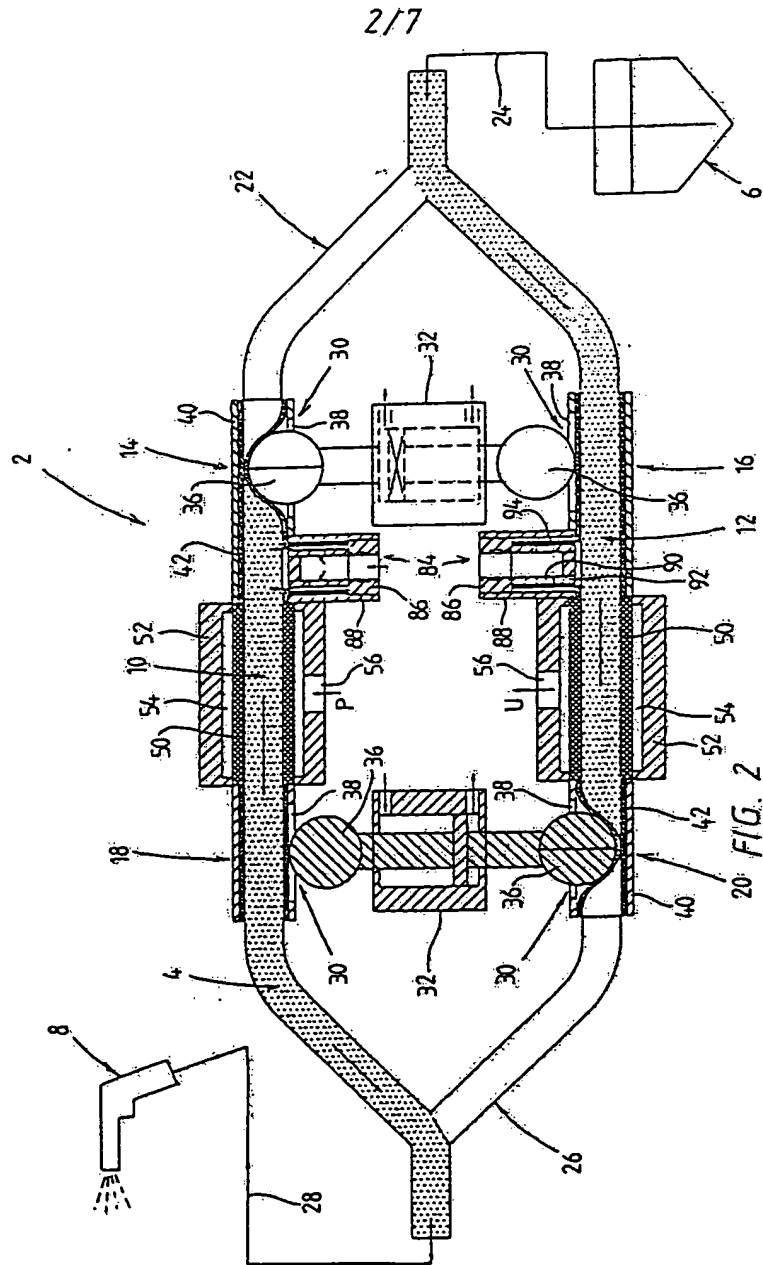
ABSTRACT

The invention concerns a process and a device (2) for the pneumatic conveyance of powdered material (4), in which a cylindrical chamber (10, 12), which can be connected with a reservoir (6) by a sealable inlet (14, 16) and with a delivery line (28) by a sealable outlet (18, 20), is alternately filled with material from the reservoir (6) and emptied of this material by applying a negative pressure to the chamber with its outlet (18, 20) closed and its inlet (14, 16) open through a bordering wall formed by a gas-permeable filter element (50) to draw material into the chamber (10, 12) from the reservoir (6), and by then admitting a gas under pressure into the chamber (10, 12) with its inlet (14, 16) closed and its outlet (18, 20) open to force the material previously drawn into the chamber (10, 12) out of the chamber and into the delivery line (28). To prolong the service life of the filter element (50) and to avoid contamination of the filter element more easily, it is proposed, in accordance with the invention, that the filter element (50) be designed as a hollow cylinder and that it surround at least a portion of the chamber (10, 12).

(Figure 2)

1/7





3/7

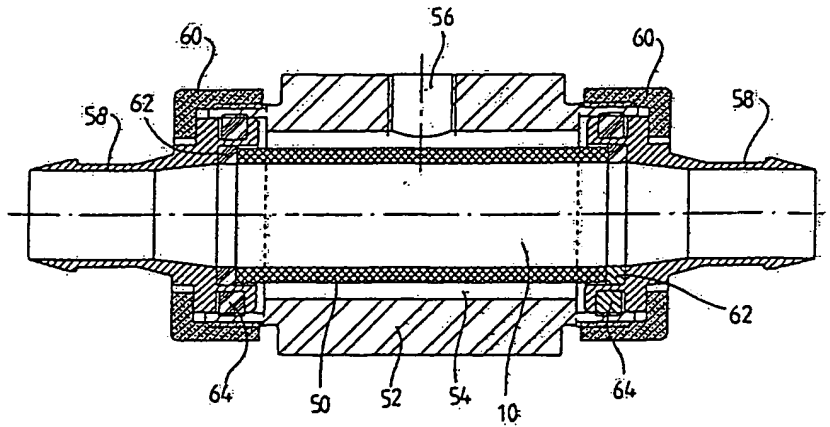


FIG. 3

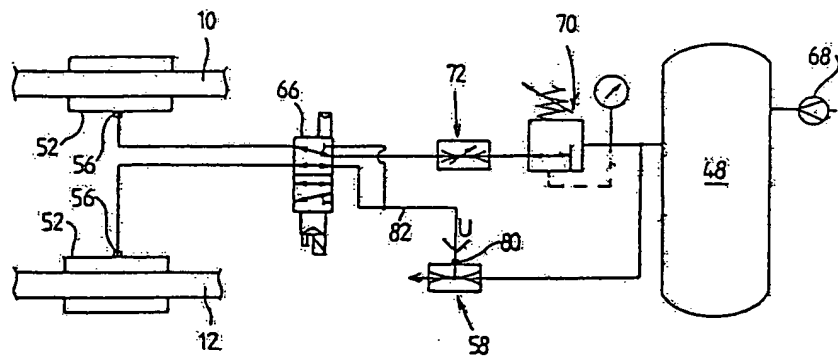


FIG. 4

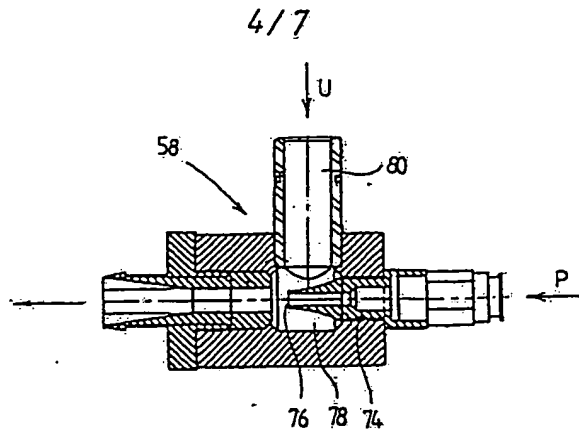


FIG. 5

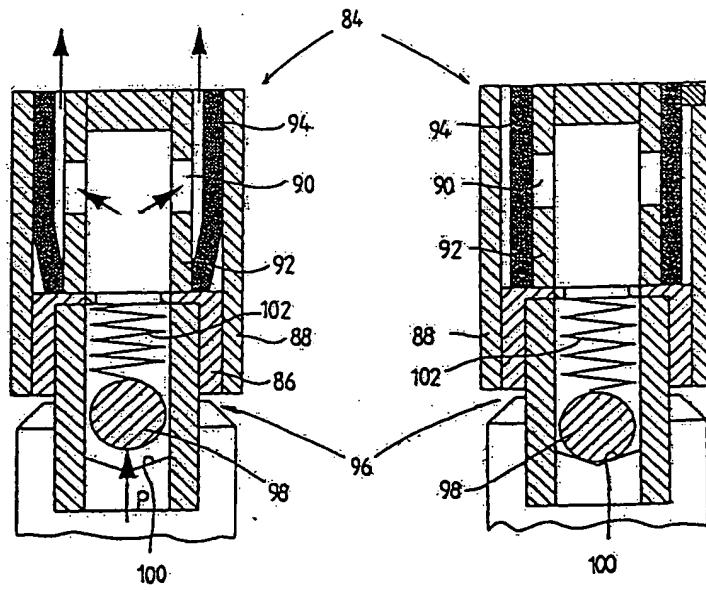
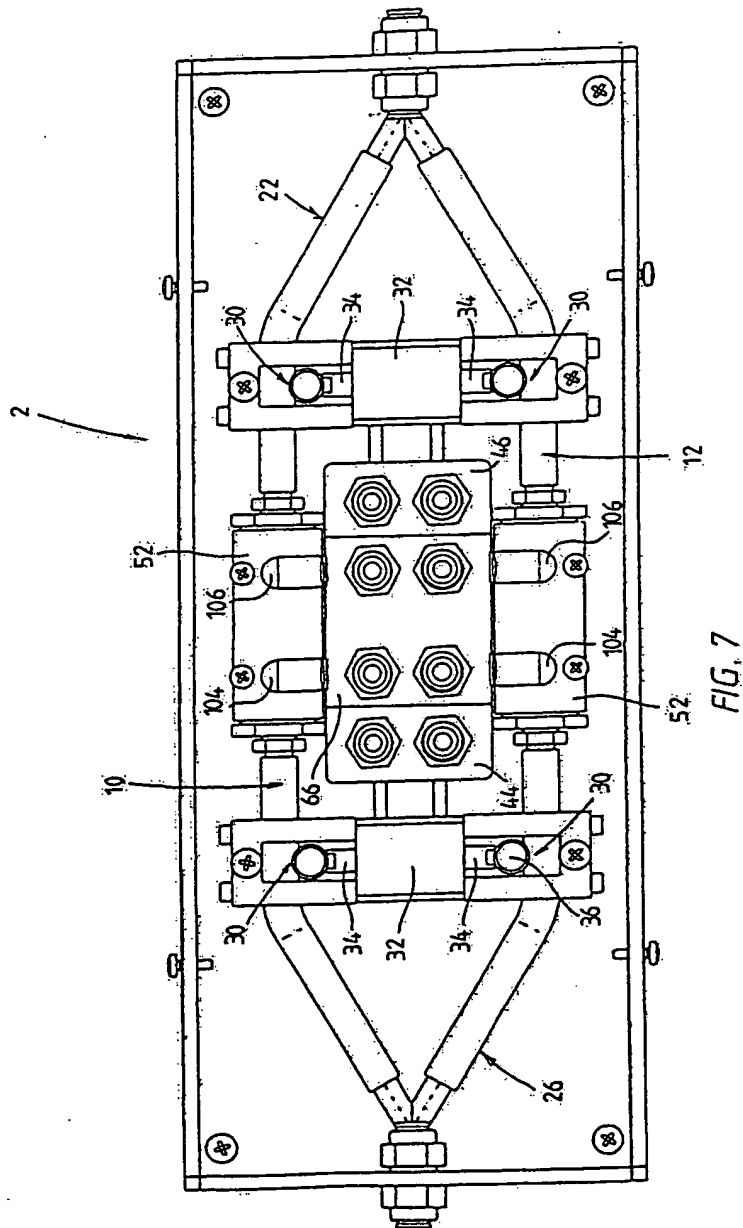
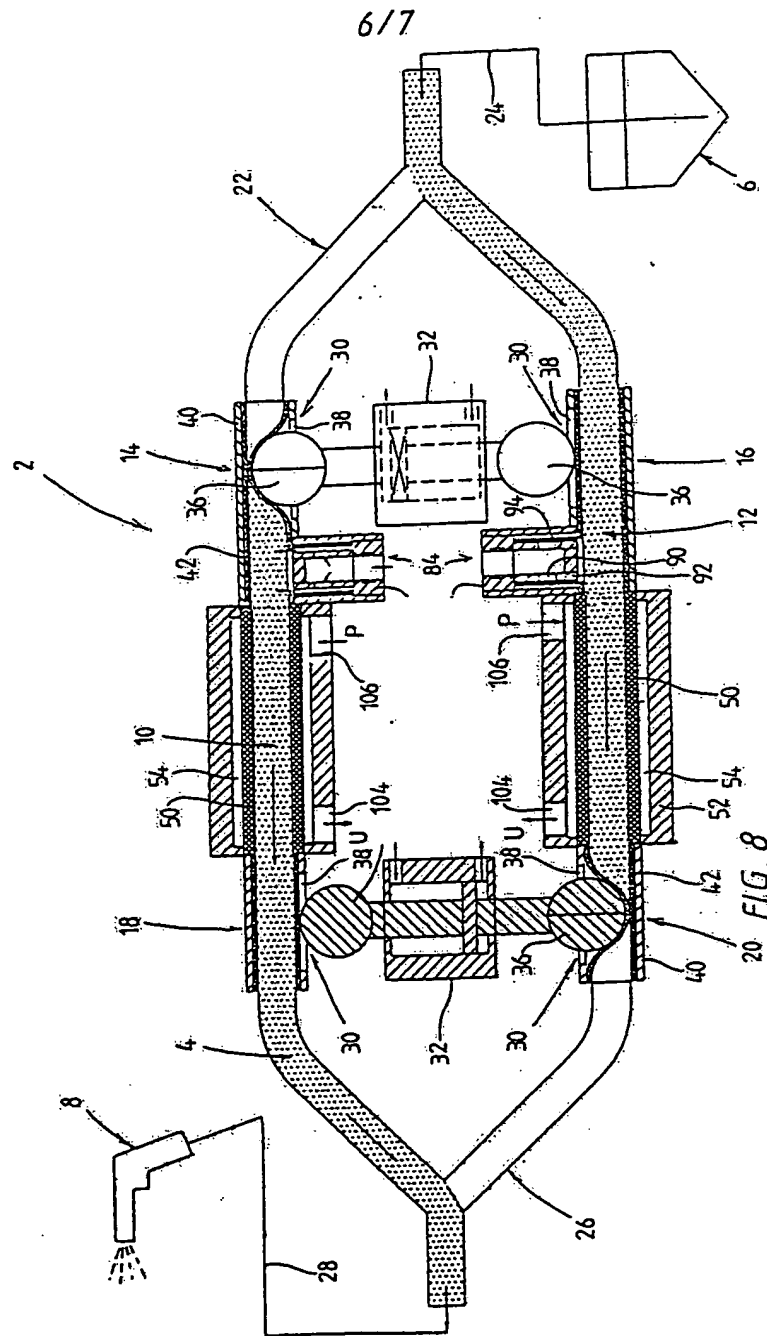


FIG. 6

5/7





7/7

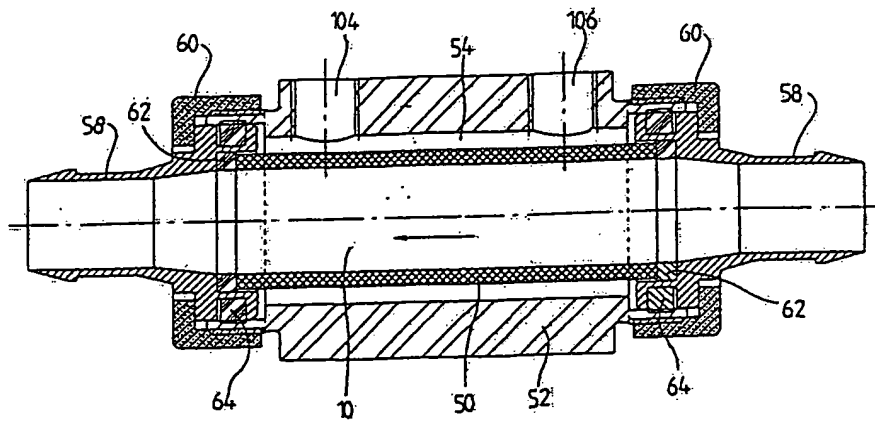


FIG. 9

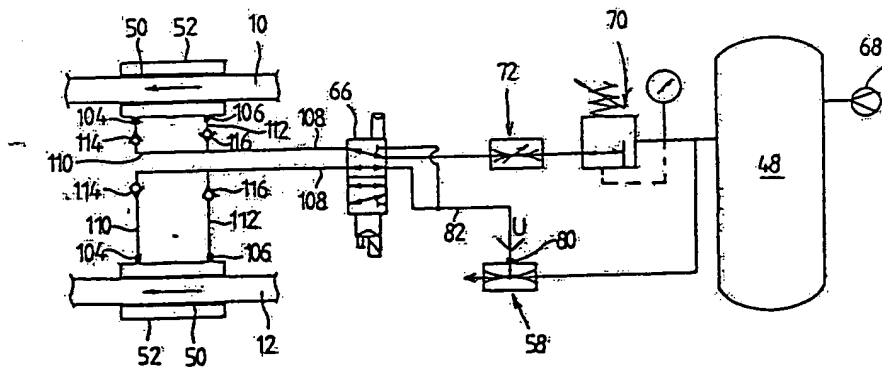


FIG. 10

**This Page is Inserted by IFW Indexing and Scanning
Operations and is not part of the Official Record**

BEST AVAILABLE IMAGES

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images include but are not limited to the items checked:

- ☐ **BLACK BORDERS**
- ☐ **IMAGE CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES**
- ☐ **FADED TEXT OR DRAWING**
- ☐ **BLURRED OR ILLEGIBLE TEXT OR DRAWING**
- ☐ **SKEWED/SLANTED IMAGES**
- ☐ **COLOR OR BLACK AND WHITE PHOTOGRAPHS**
- ☐ **GRAY SCALE DOCUMENTS**
- ☐ **LINES OR MARKS ON ORIGINAL DOCUMENT**
- ☐ **REFERENCE(S) OR EXHIBIT(S) SUBMITTED ARE POOR QUALITY**
- ☐ **OTHER:** _____

IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.

As rescanning these documents will not correct the image problems checked, please do not report these problems to the IFW Image Problem Mailbox.